

APUNTE  
43

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



610915

G.- 610915

**ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ**



**G- 610915**

# **INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO**

**FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, A.C.**

# **INTRODUCCION AL PROCESO**

## **CONSTRUCTIVO**

**Ing. Ernesto Mendoza Sánchez**

CAJA  
43

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.

**G-610915**

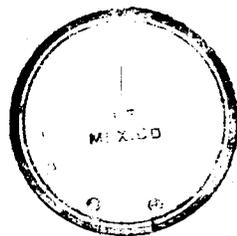


610915

G.- 610915

LA FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION,  
FUNDEC, A.C., INSTITUCION SIN FINES LUCRATIVOS, FORMADA  
POR PROFESORES DE LA FACULTAD DE LA INGENIERIA DE LA  
U.N.A.M., TIENE COMO PRINCIPAL OBJETIVO, IMPLEMENTAR LOS  
MECANISMOS NECESARIOS PARA EL FOMENTO Y MEJORAMIENTO  
DE LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, PROMOVRIENDO LAS  
ACCIONES QUE TIENDAN AL BENEFICIO Y SUPERACION DE  
PROFESORES Y ALUMNOS DE INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS  
EN EL AMBITO NACIONAL.

PARA EL CUMPLIMIENTO DE SUS OBJETIVOS, SE TIENE CELEBRADO  
UN CONVENIO DE COLABORACION Y APOYO CON LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, LA OFICINA MATRIZ DE  
FUNDEC, A.C., ESTA EN EL DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION DE  
LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M., SITUADA EN CIUDAD  
UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.



FACULTAD DE INGENIERIA

X



## **PRESENTACION**

**LA ELABORACION DE APUNTES, COMO AYUDA A LA PREPARACION DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA, SE HA CONVERTIDO EN UNA DE LAS TAREAS MAS IMPORTANTES DE LA FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION.**

**EN ESTA OCASION PRESENTAMOS LOS APUNTES DE INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO, EN EL CUAL SE DESCRIBEN TODOS LOS ASPECTOS RELACIONADOS CON ESTA IMPORTANTE RAMA DENTRO DE LA INGENIERIA.**

**TENEMOS QUE AGRADECER AL ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ, POR SU VALIOSA COLABORACION, E INVITAMOS A PROFESORES Y ALUMNOS A QUE, CON SUS COMENTARIOS Y SUGERENCIAS PERMITAN ENRIQUECER EL CONTENIDO DE FUTURAS EDICIONES.**

**FUNDEC, A. C.**

**1989**

## **RECONOCIMIENTOS:**

Los apuntes que originalmente se publicaron con el título de los presentes, fueron elaborados por el Ing. Jorge Humberto de Alba Castañeda, a través de la dirección de una tesis donde participaron los entonces pasantes Federico Borrego Badillo, Jorge Chirino Moreno, Efrén Caballero Montoya, Sergio Martínez Mercado, Eduardo Ordóñez y Mario Roberto Ocampo Franco, posteriormente, sufrieron modificaciones, apoyadas en el cambio de los objetivos educacionales de la asignatura a la que se enfocan, las cuales fueron llevadas a cabo por medio de la tesis presentada por la Srita. Petra Vela Toledo, bajo la dirección del Ing. Ernesto Mendoza Sánchez, quien se ha encargado de las actualizaciones posteriores.

Se agradece asimismo las sugerencias de los ingenieros Alejandro Rivas Vidal y Salvador Mejía Galindo profesores del Departamento de Construcción.

Finalmente, a la Srita. Carmen Alcántara por la mecanografía del manuscrito y a la Sra. Silvia Espinosa por la edición final en el equipo de cómputo de la División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

## INDICE

	PAG.
<b>Capitulo 1.</b>	
<b>ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA CONSTRUCCION</b>	<b>1</b>
<b>Capitulo 2.</b>	
<b>EL INGENIERO CIVIL</b>	<b>9</b>
<b>Capitulo 3.</b>	
<b>CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Investigación</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Desarrollo</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Planeación</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Diseño</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Construcción</b>	<b>20</b>
<b>3.6 Operación</b>	<b>26</b>
<b>3.7 Mantenimiento</b>	<b>27</b>

**Capitulo 4.**

**LA CONSTRUCCION COMO PROCESO**

**31**

**Capitulo 5.**

**PROCESO DE CONTROL**

**36**

**5.1 Control de calidad**

**41**

**5.2 Control administrativo**

**46**

**ANEXO 1**

**54**

**BIBLIOGRAFIA**

**74**

# **CAPITULO 1**

## **ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA CONSTRUCCION**

**La construcción en el Continente Americano, es tan antigua como la aparición misma del hombre. Desde tiempos remotos, el ser humano se vió en la imperiosa necesidad de procurarse alimento y abrigo para poder subsistir, modificando la naturaleza que le rodeaba para llegar a construir, ya establecido en grupos sociales, su primera choza, el primer pozo para extraer agua, su primera vereda.**

**En nuestro país tenemos ejemplos palpables de lo anterior: Teotihuacan, ciudad sagrada de grandes monumentos, destaca por su planificación conforme a un riguroso trazo urbano que contempla calles con banquetas, red de drenaje pluvial, plazas, templos y mercados. Su edificio principal, la pirámide del Sol, tiene aproximadamente 250 metros por lado en la base y casi 70 metros de altura.**

**La cultura maya por su parte, alcanzó un alto grado de desarrollo en la construcción de edificios, erigiendo varios de dos, tres y hasta cinco pisos utilizando, con mucho éxito, la bóveda falsa o de voladizo.**

**Se han encontrado restos de construcciones que demuestran el empleo de una argamasa preparada a base de cal mezclada con arena, concha marina, piedra pómez y fragmentos de cerámica.**

La multitud de construcciones heredadas por nuestros antepasados cierran su ciclo con la cultura azteca quienes erigieron grandes templos y palacios. La isla, que fue el corazón de lo que hoy es nuestra impresionante ciudad capital, se ligaba con el exterior por medio de calzadas que se cortaban y unían por medio de puentes levadizos, cumpliendo la doble función de comunicar y defender.

Los aztecas, se valieron de un ingenioso procedimiento para construir sus chinampas (tablaestacados rellenos con tierra fértil) que les suministraban terrenos de sembradío en medio del agua. Construyeron canoas y trajineras para su transporte y el agua potable les llegaba por un elemental pero utilísimo acueducto.

Tiempo después, durante la época de la Colonia, surgieron acueductos, edificios, viviendas y caminos que hicieron aparecer a México ante los ojos del mundo, como un pueblo talentoso y audaz en la realización de sus obras.

En esta época, en algunas de las técnicas de construcción, se aprecia una fusión de procedimientos aztecas y europeos; se incorpora, por ejemplo, el uso combinado del ladrillo crudo o adobe, el tepetate y el tezontle, con el ladrillo cocido, la argamasa de cal y arena, los techados de ladrillo delgado cocido sostenido sobre traveses o vigas de madera, así como el hincado de troncos como base de las cimentaciones.

Hacia fines del siglo XVI, empiezan a construirse edificios de estilo renacentista y plateresco. Del siglo XVII hasta fines del XVIII predomina en las edificaciones el estilo barroco mexicano.

Los edificios construidos a principios del siglo XVIII para alojar colegios, se destacan por su extraordinaria calidad técnica y artística. A finales de este mismo siglo, Manuel Tolsá realiza el Colegio de Minería donde se alojó el Real Seminario de Minas y posteriormente la Escuela Nacional de Ingeniería de la UNAM.

Sin embargo todas estas construcciones pueden considerarse todavía como producto de una actividad artesanal desarrollada por grupos de trabajadores más o menos organizados, pues no fue sino hasta principios de este siglo, cuando se constituyeron las primeras empresas constructoras.

**A partir de entonces, la evolución del desarrollo en algunas áreas representativas de nuestra infraestructura ha sido la siguiente:**

### **VÍAS TERRESTRES**

El 25 de diciembre de 1917 se promulga la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado, asignándose a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas la misión de construir los caminos carreteros nacionales.

Más tarde, en 1925, se crea la Comisión Nacional de Caminos; nuestro país contaba en ese momento con tan solo 28,000 kilómetros de brechas inadecuadas para la circulación de vehículos automotores.

En 1926 con las rutas México-Pachuca y México-Puebla se inician los primeros caminos para automóviles. La Comisión Nacional de Caminos se transforma en Dirección Nacional de Caminos en 1932. En 1946 se llevan a cabo los primeros ensayos con la fotografía aérea y la fotogrametría proyectándose, dos años más tarde con esta herramienta, algunos tramos de las carreteras México-Acapulco y Durango-Mazatlán. El uso de la fotogrametría se intensifica llegándose a realizar con este procedimiento, la tercera parte de los proyectos carreteros en 1958. En 1963 comienza a emplearse el método llamado fotogramétrico-electrónico que aún se utiliza. La red carretera en México está integrada a la fecha por más de 300,000 Km.

Entre las obras construidas los últimos años, destacan la puesta en operación de las carreteras: Mexicali - San Felipe - Laguna de Chapala, Tlapa - Tecamatlán, Temascaltepec - Zihuatanejo, Parras - C. Guerrero, Todos Santos - San José del Cabo, Chihuahua - Hidalgo del Parral (via corta), Guadalajara - Colotlán - Tepetongo, Playa Azul - Coahuayana, los tramos Yepachic - Yécora de la carretera Chihuahua - Hermosillo y San Juanico - Maravatío de la carretera Maravatío - Atlacomulco.

Se registraran avances en la carretera fronteriza del sur y en las Huejutla - Chicontepec - Alamo, Ameca - Mascota, Teotitlán - Tuxtepec, interserrana de Puebla y Zacatecas - Tepic.

Asimismo se modernizaron y ampliaron las carreteras México - Pachuca, Irapuato - León, Puebla - Acatzingo, Empalme - Hermosillo- Nogales, La Venta - La

Marquesa, Perote - Jalapa - Veracruz, Los Reyes - Chalco, Matamoros - Aeropuerto, Mexicali - El Faro, Irapuato-Abasolo, boulevares de Chilpancingo, Reynosa - Río Bravo, Cárdenas - Villahermosa, Colima - Manzanillo y Mérida Progreso.

Por lo que respecta a los ferrocarriles, la primera vía se inició en 1850, el 1.º de enero de 1873 se inauguró el Ferrocarril Mexicano, construido para recorrer el tramo México- Veracruz. En 1884 se termina la ruta México-Ciudad Juárez. Para 1905 la red se había extendido a 16,000 kilómetros llegando a tan solo 19,000 kilómetros de vías en malas condiciones en 1926.

En 1937, se decreta la nacionalización total del sistema ferroviario, en ese período se inician la construcción del ferrocarril de Sonora a Baja California y el ferrocarril del Sureste que más tarde unirían la península de Baja California y Yucatán con el centro del país.

En 1940, se crea Ferrocarriles Nacionales de México, organismo descentralizado. En 1955, se inicia, por parte de Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril, la fabricación de carros en nuestro país.

A partir de 1986 se han puesto en operación entre otros, los trenes rápidos México-Querétaro-Irapuato-San Miguel Allende (El Queretano), México-Monterrey-Nuevo Laredo (El Regiomontano), México-Guadalajara (El Tapatío), México- Morelia (El Purépecha), México-Veracruz (El Jarocho), Chihuahua-Los Mochis (Nuevo Chihuahua-Pacífico), Nogales- Hermosillo (Expreso del Mar), y México-Oaxaca.

El sistema ferroviario mexicano, cuenta actualmente con 26,000 kilómetros de vía aproximadamente.

#### *IRRIGACION*

El 9 de enero de 1926, el diario oficial de la Federación publicó la "Ley sobre Irrigación con Aguas Federales" que en su artículo tercero mencionaba "para promover y construir obras de irrigación en la República, se crea un organismo que se denominará Comisión Nacional de Irrigación".

Entre los trabajos llevados a cabo por aquella Comisión, se encuentra la construcción de presas de almacenamiento como la Calles en el río Santiago, Don Martín (Venustiano Carranza) en el río Salado, Taxhimay en el río San Luis de las Peras, La Angostura en el río Bavispe, Valsequillo en el río Atoyac, etc. Asimismo, se dejaron avanzadas las presas El Palmito (Lázaro Cárdenas) en el río Nazas, Dgo., Sanalona en el Tamazula, Sin., Las Vírgenes (Francisco I. Madero) en el río San Pedro, Chih. y Solís en el Lerma, Gto.

El 10. de enero de 1947, nace la Secretaría de Recursos Hidráulicos, absorbiendo las funciones de la Comisión Nacional de Irrigación. En treinta años de funciones, la Secretaría terminó 412 presas de almacenamiento con capacidades entre 0.5 y 12,960 millones de metros cúbicos. Entre estas presas destacan la Abelardo L. Rodríguez sobre el río Sonora, Miguel Hidalgo en el río Fuerte, Falcón en Tamaulipas y la Amistad en Coahuila, Netzahualcoyotl sobre el río Grijalva en Chiapas, Vicente Guerrero en el río Soto la Marina, Chicayán en Veracruz y Cajón de Peñas en el río Tomatlán, entre otras. Posteriormente, construidas por la misma Secretaría, se encuentran las presas Bacurato y Comedero en Sinaloa, La Purísima y La Gavia en Guanajuato, Atoyac, Nexpa, Cocula y Ometepec en Guerrero, así como Custepeques, San Gregorio y Rosendo Salazar en Chiapas.

El 29 de diciembre de 1976 se da a conocer en el diario oficial de la Federación, la fusión de las Secretarías de Agricultura y Ganadería y la de Recursos Hidráulicos, constituyéndose la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

En los últimos seis años, entre las obras de mayor importancia por su magnitud que se construyeron en la zona norte del país se tienen los proyectos de riego de los ríos Sinaloa, San Lorenzo Fuerte y Elota Piaxtla, presa El Salto sobre el río Elota, presa El Sabinal sobre el río del mismo nombre y presa Santiago Bayacora sobre el río Bayacora en Durango.

En la zona centro, se construyó la presa La Manzanilla en Guanajuato para controlar las avenidas y proteger la ciudad de León, en ella, al igual que en la Triguera de Jalisco, se utilizó el sistema de construcción a base de concreto compactado con rodillo. En Michoacán, se construyó la presa Chilatlán como obra de cabeza principal del proyecto Cupatitzio- Tepalcatepec.

En el sureste de la república, en los estados de Oaxaca y Veracruz, a punto de terminarse, la presa Cerro de Oro para el control del río Santo Domingo con un área beneficiada de 300,000 hectáreas.

## **AEROPUERTOS**

En los años treinta se inicia la construcción de pistas y aeródromos en todo México. En la siguiente década la red aérea estaba constituida por 60,000 kilómetros, y se contaba con 100 aviones particulares y 140 comerciales.

En 1965, únicamente 8 aeropuertos permitían la operación de turborreactores y sólo en México y Acapulco operaban aviones del tipo Jet B-707 y DC-8. El 10 de marzo de este mismo año se crea Aeropuertos y Servicios Auxiliares, organismo público descentralizado cuyo objetivo es administrar, operar, conservar y, en general, mejorar los aeropuertos del país. Se inician entonces las obras de adaptación en las diferentes zonas de los aeropuertos que facilitan el servicio a los distintos tipos de aviones de reacción.

Tras iniciarse en 1965 el Plan Nacional de Aeropuertos a cargo de la Comisión Intersectorial de Aeropuertos, la red aeroportuaria actual está constituida por 58 aeropuertos administrados por el gobierno federal.

Los aeropuertos más importantes del país, debido al volumen de pasajeros y carga que mueven anualmente, son los que se encuentran en las ciudades de Acapulco, Cancún, Guadalajara, La Paz, Mazatlán, Mérida, México, Monterrey, Puerto Vallarta, Tampico, Tijuana y Zihuatanejo.

Existen también en el país 110 aeropistas para aviones menores y cerca de 1,000 para aviones de poco peso y capacidad. En el período 1982-1988, se pusieron en operación catorce aeropuertos, cinco de ellos totalmente nuevos (Huatulco, Colima, Puebla, Toluca y Tlaxcala), se relocalizaron los de Aguascalientes, Los Mochis, San Luis Potosí y Morelia, se rehabilitaron los de Puerto Escondido, Querétaro, Saltillo, Ciudad Victoria e Isla Mujeres, se dotó de una nueva pista a los aeropuertos de Durango y Puerto Vallarta, se reconstruyó la base militar de Ixtepec y se rehabilitó y amplió el aeropuerto de Piedras Negras. Quedaron en proceso los aeropuertos El Bajío ubicado entre León y Silao, Santa Rosalía y Tepic.

## **PUERTOS**

En los años cincuenta el impulso de la economía y las necesidades crecientes de un proceso de industrialización repercuten en el sistema de transporte nacional, generando la necesidad de una ampliación de la infraestructura existente. En este

período adquieren gran desarrollo los puertos de Ensenada, Guaymas y Mazatlán como consecuencia de la salida de grandes volúmenes de excedentes agrícolas.

Asimismo se adecuan y mejoran otros puertos como Manzanillo, Tampico, Salina Cruz y Coatzacoalcos.

En la década de los sesentas, el sistema portuario debido a su crecimiento, presenta una etapa de rezago y obstáculos, tales como manejo inadecuado, y equipo e instalaciones insuficientes, llegando con esto al límite de su capacidad.

En la siguiente década se crea la Comisión Nacional Coordinadora de Puertos, organismo que se plantea como principales objetivos impulsar la integración y desarrollo del sistema portuario nacional, así como la eficaz regulación y operación portuarias.

Se implementa el régimen de zonas francas concesionadas a las empresas de servicios portuarios. Se emprenden obras de mejoramiento en las instalaciones de Tampico, Veracruz y Coatzacoalcos.

Se crea la Subsecretaría de Puertos y Marina Mercante que coordina las siguientes áreas: Obras Marítimas, Dragado, Señalamiento Marítimo, Marina Mercante y Operación Portuaria. Se crea de igual forma en esta década el Servicio Multimodal Transísmico, con el objeto de coordinar el transporte multimodal de las mercancías que, en el tránsito interoceánico, arriben a los puertos de Coatzacoalcos, Ver. o de Salina Cruz, Oax., consolidándose de esta forma la superestructura del sistema Portuario de México.

En la presente década se llevan a cabo los trabajos para la terminal de contenedores del Servicio Multimodal Transísmico en Salina Cruz, Oax.

En Lázaro Cárdenas, Michoacán se amplía el muelle de carga general y se continúa con la construcción de un muelle para el manejo de contenedores.

En Manzanillo, Col. se construye una bodega de tránsito de 3,600 m<sup>2</sup>, un patio de contenedores y se inicia la construcción de 200 m de muelle. De igual forma, se amplían los puertos de Mazatlán y Topolobampo, Sin., Guaymas, Son., Acapulco, Gro., Veracruz y Coatzacoalcos, Ver., y Tampico, Tamps.

En cuanto a puertos industriales, se realizan estudios y se inician las obras de cuatro puertos industriales: Altamira, Tamps., Laguna del Ostión, Ver., Salina Cruz, Oax. y Lázaro Cárdenas, Mich.

#### **ACTIVIDADES SUGERIDAS**

1.- Encargar a los alumnos de manera individual o por brigadas la investigación documentada sobre alguna obra importante existente, elaboración de un reporte descriptivo y, en su caso, exposición en clase.

2.- Investigar sobre la evolución histórica de algún grupo específico de obras, ejemplo: presas, puertos, vivienda, transporte colectivo, obras petroleras, etc.

3.- Discusión sobre el estado actual de la infraestructura de la Ciudad de México y/o de la República Mexicana ("lo que falta por hacer").

4.- Otras: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## **CAPITULO 2**

### **EL INGENIERO CIVIL**

Para determinar los campos de acción en que se desenvuelve, es necesario, primero, reflexionar acerca de qué es y qué hace el Ingeniero Civil. Tratar de definirlo es difícil, ya que, por principio, el término "Ingeniero Civil", no dice nada acerca de las actividades que desempeña, como podría ser el caso de un Ingeniero Textil o un Ingeniero Agrónomo. Sin embargo, se sabe que se le nombró Civil, para destacar el hecho que su función estaba alejada de cualquier finalidad de índole militar.

Tratemos de analizar, como primer punto, el significado de la palabra "Ingeniería" que, como sabemos, deriva del latín ingenium, que significa capacidad de discurrir e inventar. Revisando en la literatura existente, encontramos una diversidad de definiciones, algunas de ellas bastantes informales como la que menciona que: "Ingeniería, es el arte de hacer bien con un peso lo que cualquier chambón hace mal con dos", lo cual, aunque resalta en cierta forma el objetivo económico que persigue el Ingeniero, dista mucho de poder aceptarse como una definición formal.

Otras definiciones son: "Ingeniería es una actividad distinta de la puramente manual y del esfuerzo físico, que desarrolla la utilización de los materiales y las leyes de la naturaleza para el bienestar de la humanidad".

"Ingeniería es la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales, obtenidas por el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio al desarrollo de medios para utilizar en forma económica los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio del hombre".

"Ingeniería es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos inexactos e incompletos, con el fin de obtener la mejor solución posible y funcione de la manera más satisfactoria".

En uno de sus múltiples artículos, el Ing. Jorge L. Tamayo señala que: "es característica del ingeniero la aplicación del concepto de eficiencia, eficiencia en los servicios y en la producción para poder satisfacer la creciente demanda.

La técnica misma no tiene justificación cuando no va asociada a la eficiencia; hasta que se realiza el ayuntamiento de técnica y eficiencia es cuando surge el ingeniero. Antes de la conjunción existe el artesano, el artista, el capataz y el experto, no el ingeniero".

Con base en las definiciones anteriores, podemos apuntar que todas giran alrededor de señalar que la Ingeniería es la actividad donde el profesional aplica sus conocimientos, su ingenio y su capacidad de trabajo para transformar la naturaleza en beneficio de las necesidades del hombre y de la sociedad.

Evidentemente, el Ingeniero Civil queda enmarcado dentro de las definiciones anteriores, sólo que realiza ingeniería en un campo de actividad específico. El diccionario de la lengua española nos dice: "Ingeniero Civil, es el que pertenece a cualquiera de los cuerpos facultativos no militares, dedicados a obras y trabajos públicos".

En resumen: "Ingeniero Civil es el profesional capacitado con los conocimientos físico-matemáticos, que le permiten transformar óptimamente los recursos para la realización de obras civiles de servicio colectivo, tales como: caminos, puentes, ferrovías, canales, terminales aéreas y marítimas, etc., donde cubre las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las mismas".

Cabe aclarar que el Ingeniero Civil se desenvuelve dentro de un marco legal establecido, que trata de garantizar básicamente la seguridad y economía de las obras y la preservación del medio ambiente.

Encontramos también que el Ingeniero Civil debe prestar especial atención a la preparación físico-matemática durante sus estudios de licenciatura, sin descuidar las asignaturas socio-humanísticas que le permitirán entender, integrarse y desenvolverse en la sociedad de la que forma parte. Asimismo, la búsqueda de soluciones óptimas a los problemas que se le presenten, lo llevará a un estudio exhaustivo de la teoría de toma de decisiones.

Por otra parte, enlistemos algunas de las actividades que realiza el Ingeniero Civil:

- *Proyecta y construye vías de comunicación como: carreteras, puentes, ferrovías, terminales aéreas y marítimas, obras fluviales de riego y de generación de energía y obras urbanas.*
- *Planea y construye canales, presas, tanques, redes de agua, alcantarillados y en general, diferentes sistemas hidráulicos y sanitarios.*
- *Proyecta estructuras y calcula la resistencia de los materiales para la construcción y cimentación de las mismas.*
- *Realiza estudios sobre mecánica de suelos, estructurales e hidráulicos.*
- *Participa en la planeación y construcción de unidades habitacionales, obras industriales y de infraestructura.*
- *Interviene en la planeación de servicios públicos como pavimentación, alumbrado y drenaje.*
- *Realiza actividades docentes y de investigación.*
- *Dirige y supervisa obras en general.*

De la definición propuesta y de las actividades que realiza, podemos derivar algunas de las características que conforman el perfil del Ingeniero Civil:

- *Su trabajo primordialmente es intelectual, requiere de juicio e ideas originales.*
- *Requiere de cierta habilidad para supervisar el trabajo técnico y administrativo de otras personas.*
- *Su capacidad para el manejo de conceptos abstractos debe ser sobresaliente.*

*- Para el análisis de la mayoría de los problemas son necesarias inventiva, habilidad e ingenio.*

*- Capacidad para tomar decisiones.*

*- Disponibilidad para tratar con personas de diversa preparación, criterio y caracteres.*

*- Facilidad para organizar y dirigir el trabajo.*

*- Tener conocimiento de los problemas políticos, económicos y sociales de su comunidad.*

*- En algunos casos, buena resistencia física para sesiones de trabajo prolongadas bajo condiciones y ambientes físicos adversos.*

Las cualidades antes mencionadas son importantes para el Ingeniero Civil, por la actividad decididamente humana que desarrolla, y que influye no sólo en el medio ambiente y la naturaleza, sino también en la vida de muchas personas que forman parte de la sociedad en que vive.

#### **ACTIVIDADES SUGERIDAS**

1.- Analizar y discutir cada una de las definiciones de ingeniero civil. Proponer otras definiciones.

2.- Complementar la lista de actividades que realiza el ingeniero civil.

3.- Complementar el perfil del ingeniero civil presentado en estos apuntes.

4.- Discutir el caso particular del ingeniero civil que se desarrolla y desenvuelve en un ámbito netamente urbano, como es el caso de ingenieros que se forman y trabajan en la ciudad de México.

5.- Otras:

---

---

---

### OBRAS EN LAS QUE INTERVIENE EL INGENIERO CIVIL



PRESAS



OBRAS DE EDIFICACION

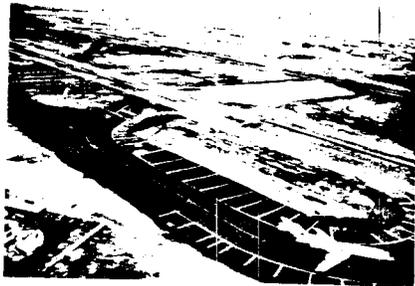


TUNELES



OBRAS PORTUARIAS

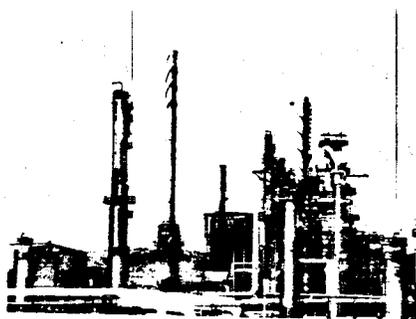
OBRAS EN LAS QUE INTERVIENE EL INGENIERO CIVIL



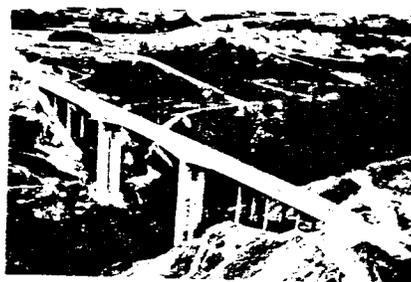
AEROPUERTOS



METRO



COMPLEJOS PETROQUIMICOS



PUNTES



VIALIDADES



COMPLEJOS INDUSTRIALES

## **CAPITULO 3**

### **CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL**

La gran cantidad de conocimientos que conlleva la práctica de la ingeniería civil, ocasiona que el profesional vaya adquiriendo, en el cumplimiento de sus funciones, cierta especialización. Así, se considera conveniente clasificar las actividades que el ingeniero civil realiza, en los siguientes campos.

**Investigación**

**Desarrollo o Investigación Aplicada**

**Planeación**

**Diseño**

**Construcción**

**Operación**

**Mantenimiento**

Se describe a continuación brevemente cada una de ellos, haciendo especial énfasis en el campo de la Construcción.

### 3.1 INVESTIGACION

Este campo, tiene como objetivo primordial la búsqueda metódica y sistemática de nuevos conocimientos, potencialmente aplicables a los demás campos de la Ingeniería Civil.

La investigación pura, se lleva a cabo aplicando el método científico que consiste fundamentalmente en:

- a).- Identificar un problema no resuelto por los conocimientos disponibles y formular una hipótesis sobre el mismo.
- b).- Derivar consecuencias lógicas de dicha hipótesis, susceptibles de verificación mediante un experimento especialmente diseñado a través de un evento natural.
- c).- Evaluar la validez de lo supuesto y, como conclusión:
- d).- Ampliar los conocimientos y formular nuevos problemas.

La investigación pura, tiene sus principios en el siglo XVI y XVII con Galileo Galilei, Hooke y Mariotte, precedidos por Leonardo da Vinci quien se ocupó de todas las artes y las ciencias, realizando experimentos importantes sobre múltiples disciplinas. Al fundarse las primeras escuelas de Ingeniería en el siglo XVIII, famosos matemáticos y físicos como Bernoulli, Newton, Leibnitz, Euler, Lagrange y Coulomb, realizaron enormes trabajos de investigación. Entre los investigadores más notables del siglo XIX, encontramos a Navier, Rankine, Boussinesq y Kelvin, por sólo mencionar algunos.

Después de la segunda guerra mundial, la liberación de la energía atómica, el avance en las comunicaciones y la aparición de la computadora electrónica, propiciaron el avance científico y tecnológico que estamos viviendo.

El término investigación tal como se entiende en este capítulo, denota un extenso grupo de actividades en las cuales el Ingeniero Civil se ocupa. Estas actividades incluyen la investigación de nuevos hechos en la naturaleza sin considerar, en ocasiones, el valor utilitario posterior de los resultados obtenidos en un campo de actividad específico.

La investigación en ingeniería por consiguiente, comprende una amplitud de actividades creativas que es superior y a menudo más exigente que lo que se requiere en la investigación aplicada.

Aunque la importancia que los sectores oficial y privado conceden a la investigación ha ido en aumento, todavía se tendrá que incrementar por lo cual, constituye sin duda alguna, un interesante campo de actividad profesional, además que, como se ha mencionado de manera insistente, la investigación es sin duda el recurso que dará a nuestro país su independencia tecnológica.

### **3.2 DESARROLLO O INVESTIGACION APLICADA**

La aplicación directa de los conocimientos generados en el campo de la investigación pura, a la solución de problemas específicos de Ingeniería, da como resultado una actividad denominada desarrollo o investigación aplicada

Al ingeniero dedicado a la investigación aplicada o desarrollo, no le satisfará por ejemplo, saber que hay una manera científica de demostrar que el vuelo es posible, él necesita que el avión por diseñar también sea seguro, confiable, rápido, confortable, económico, y capaz de llevar suficiente carga.

Para lograr esto, requerirá hacer investigaciones que le ayuden a comprender más a fondo los fenómenos de la naturaleza que incidan de manera directa sobre la necesidad que está tratando de satisfacer.

El ejemplo anterior aunque no corresponde a la ingeniería civil, describe claramente lo que es la investigación aplicada. Difiere de la investigación básica o pura, solo en que es más rigurosamente enfocada hacia una meta inmediatamente útil.

El Ingeniero Civil dedicado a este campo, aprovechará por ejemplo las teorías de flujo de agua, a la solución específica del problema de flujo de agua en cortinas de materiales graduados. Para ello, se valdrá de la experimentación en el labora-

torio, construyendo eventualmente modelos a escala que le permitan verificar anticipadamente los resultados que se esperan tener en la estructura real.

Otro ejemplo sería el aprovechamiento de las características físico-químicas de cierto material, para fabricar con él formas comerciales aplicables a la construcción.

Las ocupaciones y perfiles del ingeniero civil dedicado a uno u otro campo, son sensiblemente iguales. Durante el desempeño de sus funciones, dedicarán gran parte de su tiempo a formular teorías, concebir, planear y realizar experimentos, registrar y analizar observaciones hechas a fenómenos naturales, probar hipótesis, obtener conclusiones, expresar los fenómenos naturales en términos matemáticos, generalizar y deducir de lo que han aprendido, etc.

De acuerdo a lo anterior, podemos decir que para este tipo de actividades se requieren rasgos especiales de personalidad. El ingeniero civil en estos campos, unirá a una inteligencia despierta, su espíritu creador, paciencia y constancia, deseos de informarse y adquirir nuevos conocimientos, habilidad para planear y desarrollar nuevas técnicas; tendrá cierta intuición sobre la importancia relativa de las variables que maneja, necesitará sentido de autocrítica, buscará y soportará la crítica ajena será, finalmente, capaz de trabajar en equipo y mostrar voluntad de comunicar sus hallazgos.

### 3.3 PLANEACION

Planeación es el proceso de análisis sistemático, documentado y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una situación, y la definición y ordenamiento de los actos que conducen a ese mejoramiento.

La planeación como actividad fundamental, debe estar presente en todas y cada una de las acciones que el ingeniero civil emprenda.

La planeación puede asociarse a un cierto marco de referencia: podemos planear un procedimiento constructivo, la compra de equipo, la contratación de mano de obra o la previsión de materiales.

En un marco más amplio, podemos hablar de la planeación de un sistema de comunicaciones terrestre, del desarrollo agrícola o industrial de determinada zona del país, de la distribución de los asentamientos humanos, en cuyo caso estamos ejemplificando un caso de planeación a nivel nacional.

Obviamente, tenemos ejemplos de planeación mundial, en la que se estructuran y ordenan actos en que intervienen los intereses de las naciones existentes en nuestro planeta.

En términos amplios, los mecanismos de la planeación son:

- a) Conocimiento de la situación que se pretende cambiar.
- b) Necesidad e interés por parte de la colectividad en realizar la modificación y su proyección al futuro, lo que implica de hecho la definición de una meta.
- c) Una proposición que sea la expresión concreta del deseo de la colectividad.
- d) Un juicio que valore las consecuencias de la proposición.
- e) Un programa que ordene en el tiempo y en el espacio, el desarrollo de los actos necesarios.

Estos mecanismos, referidos al área que nos ocupa pueden resumirse en dos etapas: Por una parte los estudios previos que comprenden la localización del lugar más adecuado para la construcción, beneficios esperados, factibilidad económica, y, por otra, la programación propia de la obra, entendida como la ordenación en el tiempo y en el espacio de los acontecimientos.

En esta segunda etapa, se establecen entre otras cosas, los tipos, cantidades y tiempo de empleo de las máquinas, clasificación y número de trabajadores en los períodos durante los cuales se necesitarán, momento adecuado de adquisición y empleo de materiales.

La gran cantidad de variables que intervienen durante la planeación y programación de una obra y la interrelación que tienen, hace muy difícil su manejo, en

este sentido, la computadora constituye una herramienta de incalculable valor para la generación y análisis de alternativas en un tiempo sumamente corto.

La actividad profesional del Ingeniero Civil dedicado a la planeación, se realiza en los sectores público y privado donde lleva a cabo funciones tales como:

- *Procesar información relevante y oportuna para la toma de decisiones.*
- *Proponer objetivos a corto, mediano y largo plazo y formular los planes que permitan alcanzarlos, como un marco de referencia para unir o coordinar proyectos individuales.*
- *Balancear el programa de desarrollo general para asegurar que se progrese según los lineamientos prefijados, haciendo al mismo tiempo el mejor y más efectivo uso de los recursos.*
- *Formular objetivos y planes para proyectos individuales, consistentes con los objetivos a largo plazo.*
- *Diagnosticar las necesidades presentes de una organización y anticipar las futuras con objeto de que ésta se encuentre preparada cuando se presenten.*
- *Llevar a cabo cada una de las operaciones de la manera más eficiente posible, balanceando la precisión, el detalle, la velocidad, de acuerdo con la fase del proceso en que se encuentre el proyecto.*

### 3.4 DISEÑO

El Diseño, es el campo de la ingeniería civil que consiste en la utilización de principios científicos, información técnica e imaginación, en la definición de una obra que cumpla funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia.

Se refiere, en otras palabras, a la simulación de lo que queremos construir, antes de construirlo, tantas veces como sea necesario, para confiar en el resultado final.

En esta etapa, el diseñador deberá apoyarse en los datos y requerimientos proporcionados por la planeación, para definir las posibles soluciones a un proble-

ma determinado, plasmando posteriormente en planos y especificaciones la solución óptima.

En el diseño de una obra, intervienen diversas disciplinas o especialidades como: mecánica de suelos, estructuras, hidráulica, sanitaria y otras. Así, durante el diseño de un puente para salvar un río, intervendrá un experto en mecánica de suelos para definir las características del subsuelo y proponer el tipo de cimentación recomendable, el ingeniero especializado en hidráulica estudiará con detalle el comportamiento del río y posteriormente, con toda esta información, el estructurista determinará la geometría y materiales que deberán utilizarse, especificando en ciertos casos el procedimiento constructivo.

El ingeniero civil dedicado al diseño, debe tomar en consideración durante su trabajo, la factibilidad técnica y económica de su proyecto, de lo contrario, llegará a especificar soluciones que desde el punto de vista constructivo sean prácticamente imposibles de realizar o bien antieconómicas.

El ingeniero civil encargado del diseño de cualquier obra de ingeniería requiere de ciertas habilidades como inventiva, buen criterio, capacidad de expresarse matemática, gráfica y verbalmente, así como habilidad en la simulación de fenómenos.

### 3.5 CONSTRUCCION

Una vez que se han terminado los planos de diseño y que se han preparado las especificaciones, que son el lenguaje con el que se relacionan el campo del diseño y el de la construcción, este último se encarga de la realización física de la obra.

En el campo de la construcción, se materializan las ideas que el diseñador ha expresado a través de planos y especificaciones, mismas que van desde pequeñas y modestas obras, hasta majestuosos proyectos monumentales que inciden de manera significativa en el desarrollo económico del país; de esta manera, las obras van conformando la infraestructura en que se apoyan múltiples actividades económicas, tales como la agricultura, la industria, el comercio y el turismo.

Las obras que el Ingeniero Civil realiza en esta área, son muy diversas y abarcan todos los sectores de la actividad económica; teniéndose así:

#### ***OBRAS HIDRAULICAS Y AGROPECUARIAS***

Presas de almacenamiento y derivación, canales y sistemas de riego, obras fluviales, obras de protección.

#### ***OBRAS INDUSTRIALES***

Obras para la producción, regulación, conducción y distribución de energía eléctrica, plantas industriales, astilleros, almacenes, obras de refinación.

#### ***OBRAS DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES***

Caminos, puentes, ferrocarriles, aeropuertos, puertos, telecomunicaciones, canales.

#### ***OBRAS DE URBANIZACION***

Obras de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, vialidad urbana, alumbrado, guarniciones, banquetas, pavimentación, instalaciones diversas.

#### ***ASENTAMIENTOS HUMANOS***

Centros comerciales, religiosos, educacionales, recreativos, asistenciales, oficinas públicas, viviendas.

Lo variado de las obras y los problemas que se presentan durante la construcción, obligan al especialista en esta área a tener una preparación muy completa en todas las ramas de la ingeniería civil; necesariamente tiene que relacionarse con ingenieros de otras especialidades y, de acuerdo con la complejidad de la obra, frecuentemente forma parte de equipos interdisciplinarios.

Asimismo, el medio ambiente en que se desenvuelve es muy amplio; las obras en el campo requieren de él una buena disposición para realizar actividades al aire libre y un reducido trato social circunscrito al personal de trabajo; las obras urbanas, en cambio, lo obligan a desenvolverse en un medio más complicado y exigente ya que, a la vez que desempeña sus labores en áreas abiertas o aisladas, debe mantenerse en constante trato con problemas y personas de los grandes conglomerados.

En resumen, las funciones que desempeña el Ingeniero Civil en este campo son:

- *Planeación de la construcción, elaboración de presupuestos, selección de procedimientos de construcción y de equipo, elaboración de programas de ejecución, de insumos y financieros.*

- *Ejecución de la obra con base en planos y especificaciones y de acuerdo con la planeación establecida.*

- *Organización de recursos humanos fijando a cada elemento, políticas y procedimientos específicos a seguir.*

- *Solución de problemas particulares que se presentan en la realización de la obra.*

- *Comunicación adecuada dentro y fuera de la obra.*

- *Establecimiento y operación de los mecanismos de control necesarios para mantener la calidad dentro de lo especificado. Vigilancia de la oportuna realización de los trabajos para que sean ejecutados dentro de los tiempos previstos, cuidando que los costos no sobrepasen lo planeado y retroalimentando la planeación cuando las desviaciones son significativas.*

- *Seguridad: cuida y es responsable de la seguridad de los trabajadores en el desempeño de sus labores.*

A medida que el profesional dedicado a la construcción asciende en la pirámide organizacional, su labor tiende a ser eminentemente administrativa. Al frente de una empresa constructora está en contacto con disciplinas como la contabilidad, computación, aspectos fiscales, laborales, legales, diseño, relaciones públicas, etc.

Dentro del contexto económico, la construcción es una industria sumamente sensible a las fluctuaciones económicas.

Como puede verse en la figura 1, para crecimientos del Producto Interno Bruto menores al 5.4 % la construcción crece a un ritmo todavía menor en tanto que para crecimientos mayores a esta cifra la construcción crece en un porcentaje mayor que el propio producto interno bruto.

Las empresas dedicadas a la construcción, deben estar afiliadas por ley, a la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción (CNIC), misma que ha registrado el siguiente número de socios a través de los años que se indican:

AÑO	NUMERO DE EMPRESAS	AÑO	NUMERO DE EMPRESAS
1955	627	1970	3,738
1956	714	1971	4,062
1957	671	1972	4,429
1958	672	1973	4,627
1959	1,162	1974	4,859
1960	1,237	1975	4,949
1961	1,158	1976	5,501
1962	1,250	1977	6,452
1963	1,422	1978	7,210
1964	1,385	1979	8,345
1965	1,843	1980	9,506
1966	1,963	1981	10,344
1967	1,286	1982	9,874
1968	3,092	1983	11,436
1969	3,486	1984	13,295
		1985	12,353
		1986	12,332
		1987	12,813

La construcción desempeña un papel importante dentro del contexto económico nacional, tanto por su alta contribución al valor agregado del país como por su elevado porcentaje de participación en la generación de empleo y en la formación bruta de capital fijo.

Para efectos estadísticos, la CNIC clasifica los tipos de obras construidas como sigue:

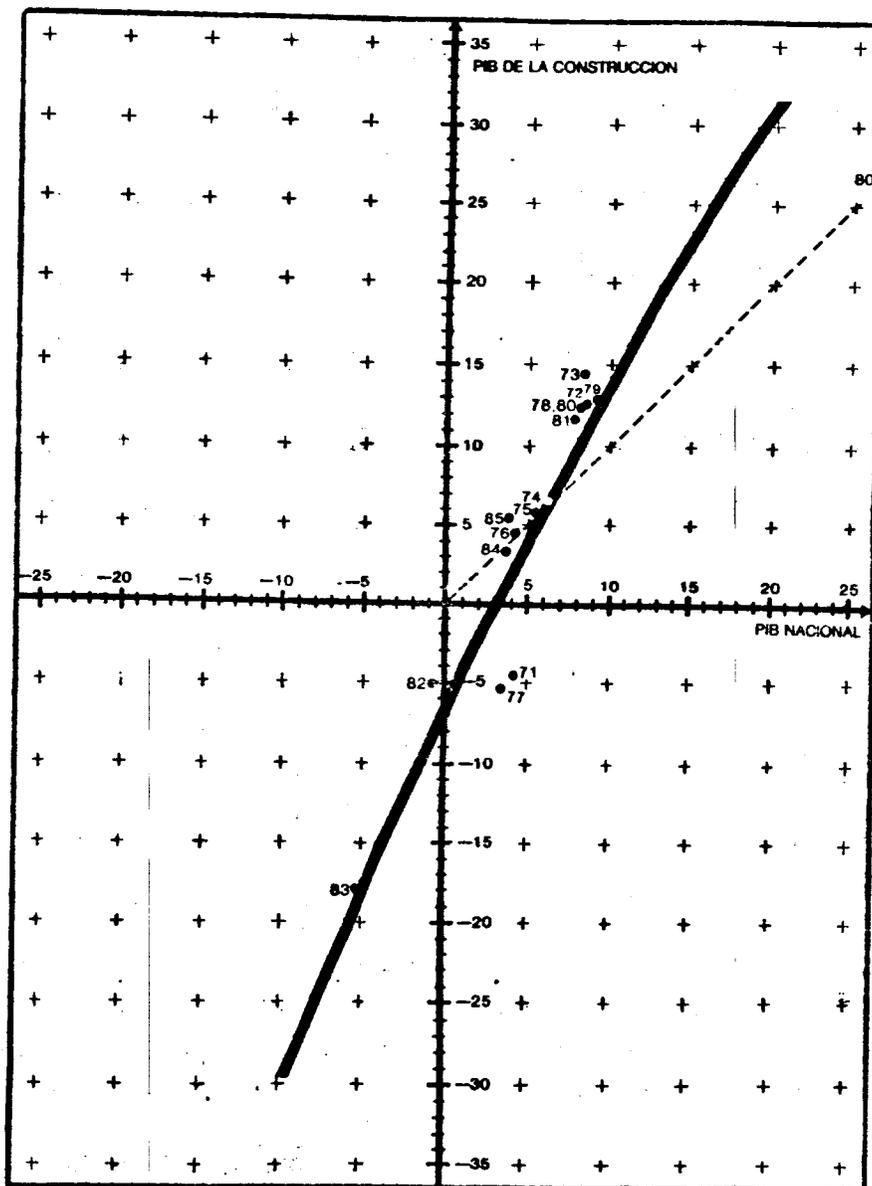


FIG. 1- COMPORTAMIENTO DE LA CONSTRUCCION  
CON RELACION AL P.I. B.

**Vías Terrestres** (caminos, puentes, ferrocarriles, aeropuertos)  
**Presas** (cortinas, diques, vertedores)  
**Riego** (pozos, canales, drenes, mejoramiento)  
**Marítimo - Fluviales** (dragado, muelles, escolleras)  
**Urbanización** (drenaje, agua, vías, metro)  
**Construcción Industrial** (energéticos, plantas, conducciones)  
**Instalaciones** (electromecánicas, sanitarias, aire)  
**Edificación no Residencial** (hospitales, hoteles, oficinas)  
**Vivienda** (unifamiliar, multifamiliar)  
**Consultoría** (proyecto, planeación, supervisión)

La construcción, considerada como una industria, tiene características particulares que la indentifican, entre otras:

- El producto que se "fabrica" nunca es el mismo, aún cuando se trate del mismo tipo de obra, cada una de ellas tendrá su propia problemática y ofrecerá distintas condiciones técnicas, económicas y sociales.

- En la inmensa mayoría de los casos, el precio de venta del producto fabricado (la obra) se fija previamente a su realización mediante un estimado del costo que, por lo regular, tiene que ajustarse posteriormente.

- Salvo para ciertos subsistemas del proceso constructivo (prefabricación), la industria de la construcción no tiene una instalación fija, de hecho la "fábrica" esta localizada en la propia obra.

- La mayoría de los trabajadores de la industria de la construcción son personas no calificadas, generalmente campesinos, quienes paulatinamente van adquiriendo

el conocimiento de un oficio. La eventualidad de la obra de mano es fuerte pues, continuamente, el personal cambia de una obra o empresa a otra y, en determinadas épocas del año, regresa a su lugar de origen para permanecer ahí una temporada. La generación de empleos de la industria de la construcción se refleja no solamente en las obras, sino en industrias afines como la del cemento y del acero.

Las condiciones anteriores, entre otras, propiciaron que, en un tiempo, la industria de la construcción estuviera clasificada dentro de un régimen fiscal especial de tributación, sin embargo actualmente está incluida en el régimen ordinario.

Es conocido que actualmente la construcción atraviesa por un período crítico, pero es difícil pensar que esta situación se prolongue indefinidamente, queda mucho por hacer. Se ha mencionado por ejemplo, que para el año 2000, según los programas de vivienda, se construirán 33 millones de unidades. Por lo que respecta a las obras de riego, se estiman en 12 millones de hectáreas la superficie potencial: puesto que en la actualidad se irrigan 4 millones, habrá que triplicar las obras existentes. Así también, en la evolución de la red nacional de caminos, sobre todo en el orden de alimentadores y vecinales, hoy en día se asfaltan como promedio 7.4 kilómetros de carreteras y, su incremento, será a 48.5 kilómetros por día.

Se puede asegurar por tanto, que el futuro que se vislumbra es promisorio y representa un verdadero reto que habrán de afrontar las nuevas generaciones de ingenieros.

### **3.6 OPERACION**

Una vez concluida la obra, debe ponerse en operación, siguiendo los procedimientos previamente establecidos.

Analizando detalladamente cada una de las obras que realiza el ingeniero civil, observamos que no todas son operadas necesariamente por él, aunque sí interviene en muchos casos formando parte de equipos interdisciplinarios.

En un sistema aeroportuario por ejemplo, podrá tener bajo su responsabilidad aspectos tales como la operación óptima de las pistas y áreas de maniobras, del edificio terminal y zonas de estacionamiento. Obviamente no interviene en la operación de sistemas como el de ayudas electrónicas y visuales que son operados por otros especialistas.

### 3.7 MANTENIMIENTO

El diccionario de la lengua española define el mantenimiento como "conservar o cuidar la permanencia de alguna cosa".

Para que las obras funcionen bajo condiciones óptimas de servicio y seguridad, es necesario realizar permanentemente estos trabajos de mantenimiento. Así por ejemplo, en una carretera, será necesario revisar que las características originales del pavimento se conserven, corregir deformaciones y desgastes excesivos, desazolar las obras de drenaje, verificar la estabilidad de los taludes, etc.

En relación con las fuentes de trabajo en este campo, existen empresas dedicadas exclusivamente al mantenimiento de obras. Asimismo, en el sector oficial, el área de mantenimiento y operación constituye un campo importante de trabajo para el ingeniero civil.

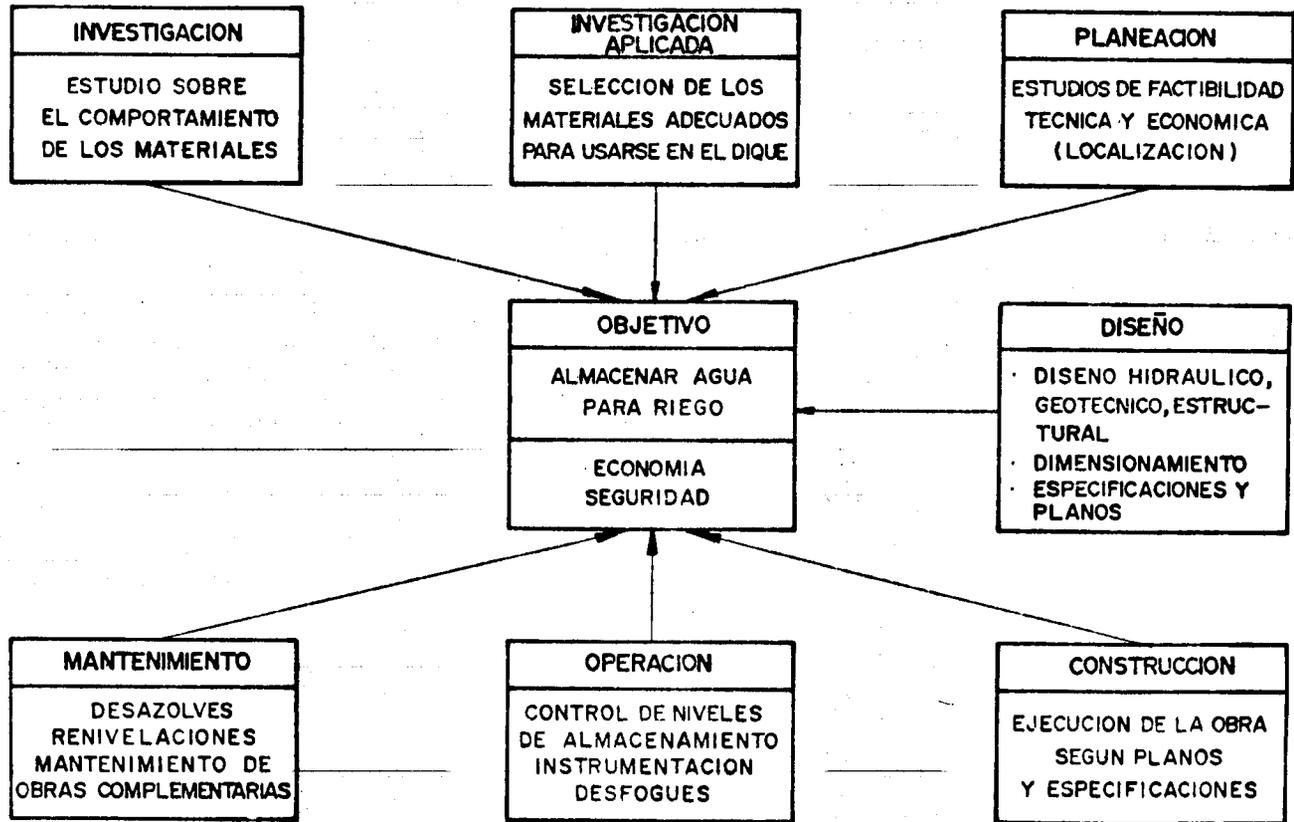
El hecho de que las actividades que realiza el ingeniero queden enmarcadas dentro de alguno de los campos mencionados, no implica que su conocimiento se restrinja únicamente a esa área específica; por el contrario, los campos de la ingeniería civil están íntimamente relacionados entre sí. Por ejemplo, es ocasional que un ingeniero que se dedica a la construcción, sea simultáneamente competente en el proyecto de puentes, sin embargo, como complemento a su experiencia en los procedimientos de construcción, deberá tener un buen nivel de conocimientos tecnológicos en el área de estructuras, esto le permitirá tomar mejores decisiones durante el desarrollo de sus actividades, que estarán apoyadas en una concepción total del problema y no en un enfoque parcial del mismo.

Para ilustrar la manera en que intervienen los campos de la ingeniería civil dentro de una obra en particular, citaremos el caso de la construcción de un dique que servirá para aprovechar una corriente de agua para riego. Como se puede ver en la

figura 2, todos estos campos están interrelacionados, puesto que tienen como objetivo adecuar la técnica y el costo a la satisfacción de una necesidad. El profesional, debe ser capaz de tomar las decisiones correctas en cualesquiera de los campos mencionados anteriormente, de tal manera que se vaya encaminando hacia el objetivo fundamental que es el económico.

### **ACTIVIDADES SUGERIDAS**

- 1. Discutir acerca de los objetivos primordiales del ingeniero civil.**
  
- 2. Analizar y discutir cada uno de los campos de la ingeniería civil.**
  
- 3. Complementar la lista de actividades que realiza el ingeniero civil en cada uno de los campos estudiados.**
  
- 4. Discutir la trayectoria ascendente que el profesional puede seguir en cada uno de los campos presentados.**
  
- 5. Investigar las fuentes de trabajo disponibles en cada uno de los campos, tanto en el sector público como en la iniciativa privada, exponer en clase.**
  
- 6. Una carretera, una vía férrea, un aeropuerto, un puerto, una presa, un edificio, el drenaje profundo, el metro, etc., explicar la participación de cada uno de los campos de la ingeniería civil en la ejecución de diversas obras.**
  
- 7. Proponer ejemplos de obras con participación multidisciplinaria de profesionales.**



29

FIGURA 2 - PARTICIPACION DE LOS CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL EN LA CONSTRUCCION DE UN DIQUE

8. Analizar el entorno económico actual del campo de la construcción en México.

9. Otras:

---

---

---

---

7

## CAPITULO 4

### LA CONSTRUCCION COMO PROCESO

Si analizamos detenidamente cualquiera de las obras que hemos mencionado anteriormente (aeropuertos, carreteras, conjuntos habitacionales, presas), podemos observar que, para su realización han intervenido ciertos elementos, susceptibles de agruparse en tres grandes grupos: *MATERIALES, OBRA DE MANO Y MAQUINARIA.*

Estos tres elementos, llamados también "*RECURSOS O INSUMOS*", debidamente combinados y transformados a través de un cierto proceso, nos permiten obtener una obra completamente terminada.

Por ejemplo, en el caso de la construcción del dique, fueron necesarios materiales tales como roca, agregados pétreos para filtro y arcilla, para obtenerlos, se requirieron además otros elementos como explosivos para fragmentar la roca y, en caso de tener estructuras especiales, también fueron necesarios cemento, agua, grava, arena, madera y acero de refuerzo entre otros.

Asimismo, la construcción propiamente dicha, requirió la intervención de diversas máquinas y el esfuerzo humano para explotar, transportar y colocar estos materiales.

Si la obra en cuestión fuese un edificio, se habrían requerido concreto, madera, acero de refuerzo, aluminio, vidrio, cal, pintura, tubos, alambre, impermeabilizantes, azulejo, etc.

Por supuesto, los recursos pueden ser combinados cualitativa y cuantitativamente de manera diferente, generándose así varias alternativas que nos llevarán a obtener la obra terminada. Habremos entonces de compararlas y seleccionar la que mejor convenga, siguiendo un criterio fundamental que puede ser el económico.

Es importante hacer notar, que no precisamente el costo más bajo nos dará la alternativa adecuada. Si tomamos por caso la etapa de diseño, se deberán incluir en el análisis factores diferentes del costo, tales como vida útil de la obra, costos futuros de mantenimiento, funcionalidad y otros. Sin embargo, el costo de cada una de las alternativas proporciona un elemento de comparación muy importante en la mayoría de los casos.

Con base en las ideas expuestas, el proceso de transformación que hemos mencionado, podemos imaginarlo como la mejor forma de combinar los tres insumos: materiales, obra de mano y equipo y podemos representarlo esquemáticamente como uno o varios procesos de transformación con una entrada: los *RECURSOS*, y una salida: la *OBRA TERMINADA*. Ver figura 3

Antes de iniciar el proceso de transformación (la construcción de la obra), debemos analizarlo y definir con detalle sus fases, esta actividad, que representa para el constructor una guía en la toma de decisiones, constituye la *PLANEACION DEL PROCESO*.

En esta etapa, es necesario analizar con cuidado las variables significativas (entendiéndose por significativas aquellas que si hacemos a un lado modificarán notablemente nuestras decisiones) que intervienen en el proceso, encontrar su interrelación y estudiar cómo una variación en cada una de ellas, influye en que el resultado final se acerque en más o en menos a nuestro objetivo.

En realidad, equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción en función del objetivo deseado.

Como normalmente los cursos alternativos de acción son muchos, sería imposible analizar cada uno de ellos, por lo que es conveniente buscar una forma adecuada de compararlos, para esto, se tendrán que analizar, en función del objetivo, los siguientes aspectos relacionados con las variables que intervienen:

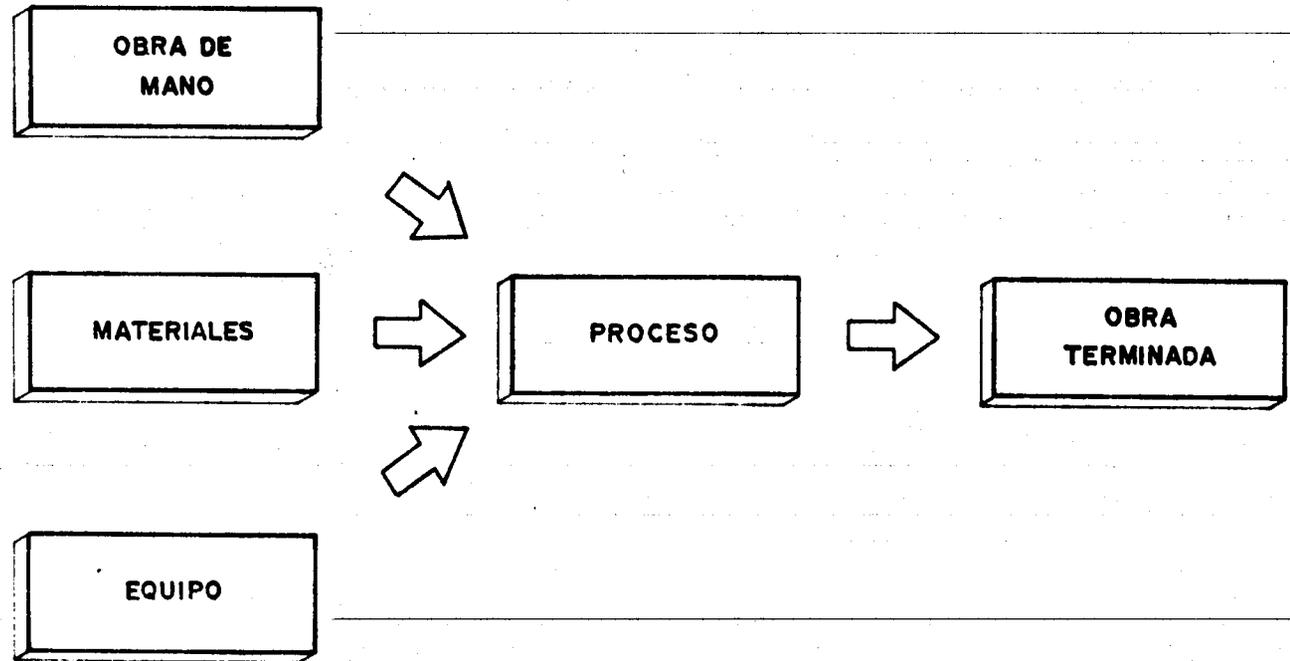


FIGURA 3.- REPRESENTACION GRAFICA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

a) **Variables controlables**, aquellas posibles de manejar, es decir, que pueden ser controladas en el proceso. Como ejemplo tenemos en la construcción del dique: tamaño del equipo, cantidad de dinamita, tiempo de ejecución de la obra, cantidad de obra de mano.

b) **Variables no controlables**, aquellas que no pueden ser manipuladas pero se pueden prever mediante un estudio, empero, influyen evidentemente en que el resultado final se acerque o no al objetivo, por lo que habrá que considerarlas. Refiriéndonos al ejemplo anterior se tienen en este grupo el costo de la mano de obra, el costo de los materiales y la renta de los equipos. Existen además variables no controlables que no se pueden prever como es el caso de un sismo.

c) **Limitaciones de las variables**, aquellas que marcan el rango de valores que pueden tomar las variables por ejemplo, el total de horas máquina para ejecutar un trabajo dado (no podrán ser menores que cero ni mayores que el tiempo total disponible). Se pueden tener limitaciones en el tiempo de ejecución de la obra, en las sumas mensuales a gastar, en los planos y especificaciones, en el número de máquinas a emplear, etc.

Puede verse, que no será fácil encontrar todas las variables, separar las significativas de las no significativas, encontrar sus limitaciones y, sobre todo, definir las relaciones entre todas ellas, de tal manera que podamos tener una serie de decisiones o fijar la estructura en que se apoye la toma de decisiones. En este sentido, los adelantos tecnológicos actuales permiten que, con la ayuda de la computadora, se analicen en menor tiempo más alternativas, con un mayor número de variables cada una de ellas.

En el caso particular de la construcción, es común que las condiciones que se supusieron durante la planeación de la obra varíen con el tiempo, ya que se pueden encontrar en el campo, en el momento de construir, situaciones diferentes a las que se consideraron durante la etapa de diseño que originará cambios en especificaciones, en dimensiones y, algunas veces, inclusive hasta en el sitio donde se desplantará la obra.

Parecería necesario, si tales modificaciones se presentan, repetir la planeación total del proceso. Habrá que buscar entonces, para que esto último no ocurra, un método para planear y programar la obra, que fácilmente pueda adaptarse a estas modificaciones y evitar en lo posible, tener que replanear principiando reiteradamente.

Esto, puede lograrse estableciendo, al momento de planear, los mecanismos de control que permitan corroborar que los estándares de calidad de la obra, tiempo

de ejecución y costo de la misma se vayan cumpliendo rigurosamente y tomar, en su caso, las decisiones oportunas que corrijan las desviaciones que se aparten de las tolerancias permitidas.

### **ACTIVIDADES SUGERIDAS**

1. Dado un ejemplo específico de obra, identificar los recursos o insumos que intervienen en su construcción.

2. Encargar por brigadas, la presentación de alternativas en cuanto a materiales a emplear en un frente particular de una obra de edificación o construcción pesada, destacando la importancia del costo.

3. Identificar en una obra determinada las variables controlables, no controlables previsible e imprevisible y sus limitaciones, enfatizando en este último punto la importancia de la ubicación geográfica de la obra.

4. Proyectar en clase el audiovisual sobre Toma de Decisiones.

5. Otras: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# CAPITULO 5

## PROCESO DE CONTROL

**¿Cómo podemos estar seguros que nuestra planeación funciona y que las decisiones que vamos tomando, derivadas de esta planeación, nos van encaminando al objetivo u objetivos planteados?. Si tenemos que manejar un gran conjunto de variables, estudiar sus relaciones, analizar sus limitaciones y además, hemos hecho a un lado las variables no significativas escogidas a base de criterio, es fácil comprender que no podemos esperar al término de la obra para saber si nuestro objetivo se cumplió o no. Será necesario revisar, a lo largo del proceso, si el objetivo se va cumpliendo, esto puede realizarse comparando a lo largo de la construcción lo realizado con lo planeado, en función de dicho objetivo.**

**Hemos señalado a lo largo de estas notas, que el objetivo primordial que se busca al realizar una obra, es la economía. Por supuesto que muchas construcciones se llevan a cabo tratando de satisfacer las necesidades de una colectividad cumpliendo con ello una función social, como sería el caso de la construcción de un camino de penetración, de un sistema de alcantarillado o de agua potable en los cuales, no se esperara una recuperación económica como resultado de la inversión hecha por quien construye, y por tanto podría objetarse que, en tales obras, el objetivo fuese puramente económico. Sin embargo, en el diseño y construcción mismas, indudablemente la meta, al desear que las obras referidas tuvieran una calidad aceptable, giraría alrededor del entorno económico.**

**En la práctica, se aceptan tres parámetros básicos a controlar en las obras:  
*CALIDAD, COSTO Y TIEMPO***

**Estos tres parámetros están relacionados entre sí de tal manera que la variación de alguno de ellos altera los dos restantes. Si, por ejemplo, en la ejecución de un concepto de obra se obtiene una calidad inferior a la deseada, es probable que, el**

rechazo del cliente al trabajo ejecutado, obligue al constructor a realizarlo de nuevo, con el consiguiente retraso en tiempo e incremento en el costo. Aún en el caso que, por alguna razón el concepto de obra fuera aceptado, a la larga ocasionaría problemas en el buen funcionamiento de la obra, que obligarían a un mantenimiento excesivo con el consiguiente incremento final del costo.

Esto nos lleva a comentar, por otra parte, que los parámetros enlistados no deben medirse únicamente durante el período de ejecución de la obra, sino planearse para la vida útil de las mismas.

El proceso de control contiene tres etapas básicas (ver figura 4):

- a) Establecimiento de estándares.
- b) Verificación o comparación de lo real contra el estándar.
- c) Acción correctiva cuando aparezca desviaciones.

La primera etapa, establecimiento de estándares, se refiere a la necesidad de contar con estándares de comparación a los que se refieran los resultados que se obtengan en obra.

No podemos afirmar que un material o un procedimiento constructivo son de mala calidad si no tenemos contra qué compararlos, no podemos concluir que una obra se está realizando lentamente o aprisa si no tenemos una referencia y, finalmente, no estaremos en posibilidad de determinar si la obra en cuestión está resultando costosa o no si carecemos de un punto de comparación.

En un marco amplio, podemos identificar los estándares de calidad contenidos en las *ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION*, el estándar de costo representado por un *PRESUPUESTO* y el estándar de tiempo asociado a un *PROGRAMA DE OBRA*.

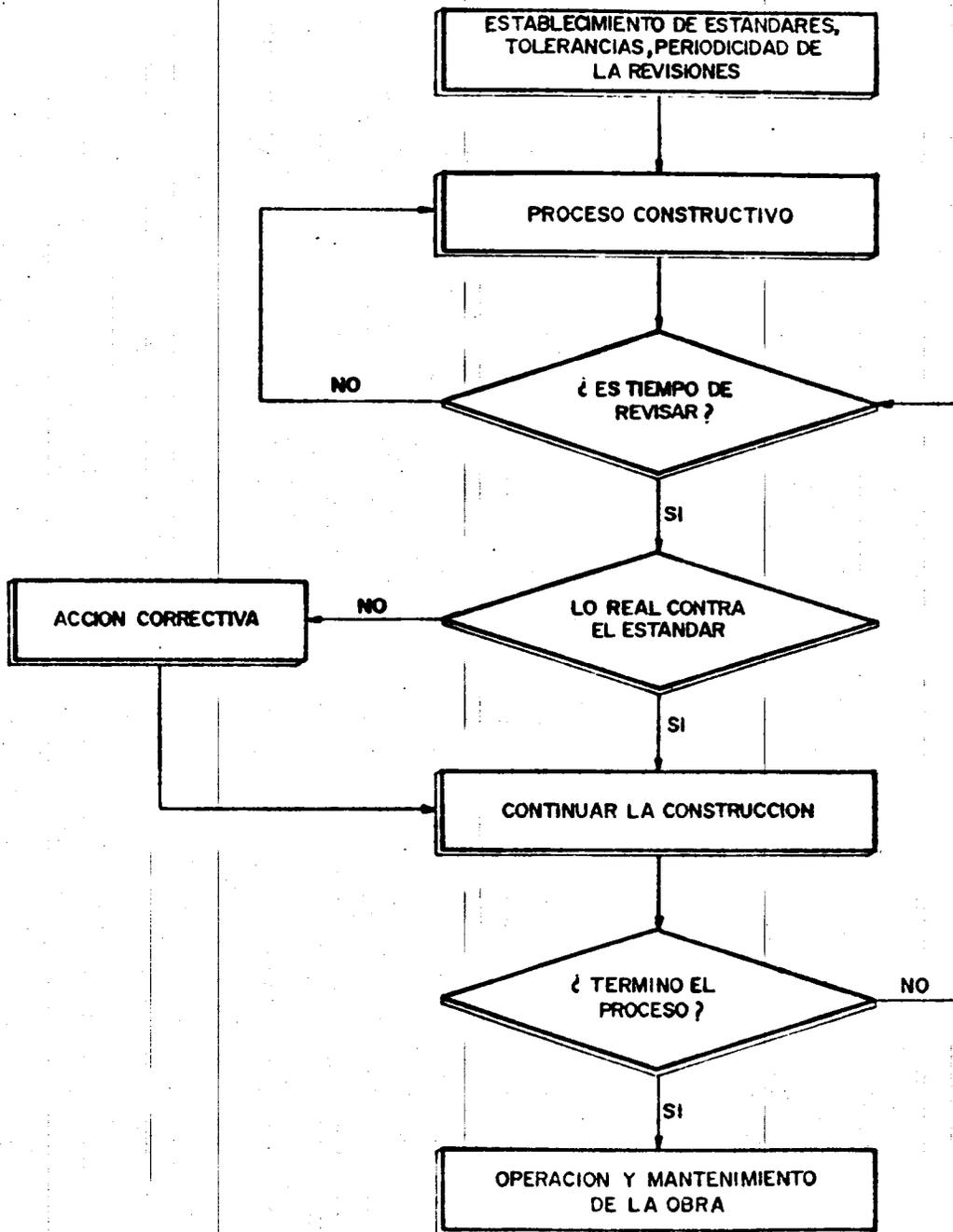


FIGURA 4.- EL PROCESO DE CONTROL

Al establecer los estándares, deben señalarse en ellos la periodicidad con la que serán comparados, así como las tolerancias o desviaciones que se permitirán para aceptar como buenos los resultados reales obtenidos.

Definidos los elementos anteriores se puede pasar a la siguiente etapa que consiste en verificar, con datos de campo, que lo real se ajuste a los estándares fijados para la construcción de la obra.

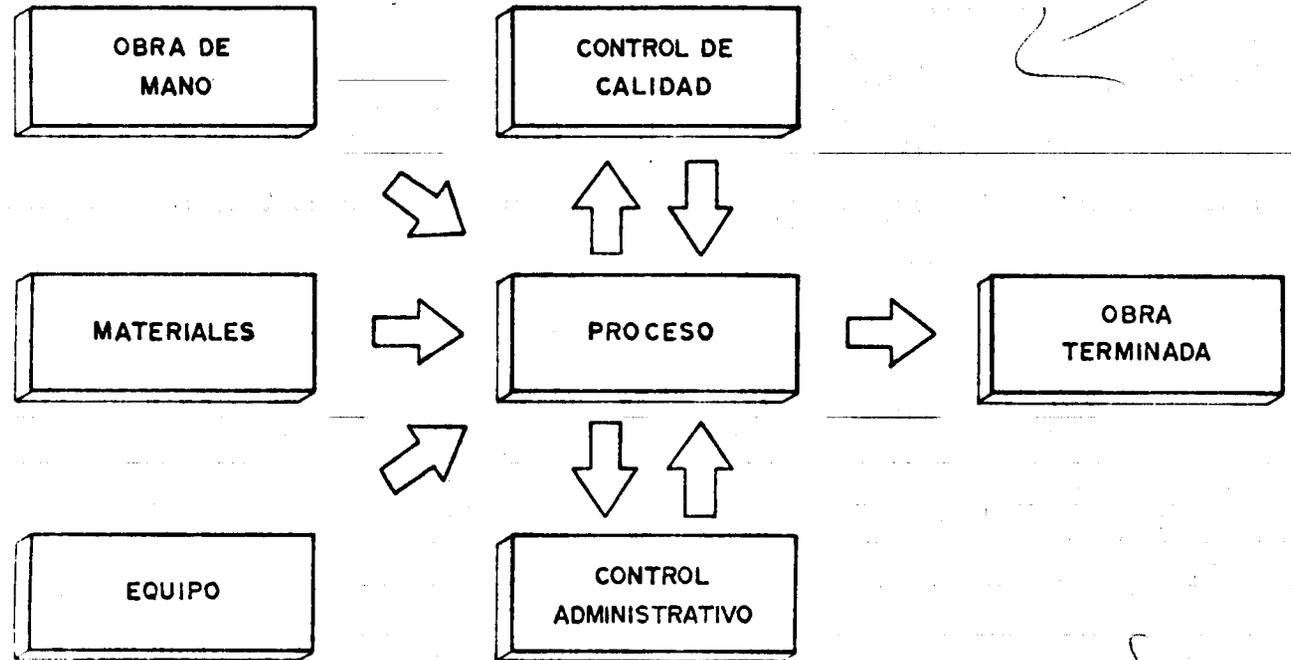
Ello implica el establecimiento de una organización que permita obtener, procesar e interpretar la información, y que sea capaz de ejecutar la tercera etapa del control tomando acciones correctivas cuando los resultados se aparten más allá de las desviaciones permitidas.

Proceso

La aplicación continua del control, constituye un subproceso retroalimentador del proceso constructivo que podemos representar gráficamente según se muestra en la figura 5. En ella se han separado los controles que corresponden al tiempo y costo de ejecución llamándoles *CONTROL ADMINISTRATIVO* de lo que es el *CONTROL DE CALIDAD*, en razón primordialmente del manejo que de ellos se lleva en las obras.

Existe también una consideración adicional para hacerlo, que es en función del papel que desempeñan los estándares: en el caso de la calidad, podemos afirmar que, una vez establecido el estándar con sus tolerancias, este es inamovible, pues no se podría pensar por ejemplo que si el estándar para la resistencia de un concreto se fijó en  $250 \text{ kg/cm}^2$ , pudiera modificarse durante el desarrollo de la obra a  $150 \text{ kg/cm}^2$  por el hecho que de este último orden se están obteniendo las resistencias en campo, pues se pondría en peligro la estabilidad de la estructura donde se usara el material. En cambio, en los casos del *PRESUPUESTO Y PROGRAMA DE OBRA* por razón de la naturaleza de las variables que encierran y que se deben controlar, si es posible aceptar una o varias modificaciones del estándar original a lo largo de la ejecución de la obra.

Eventualmente, puede darse una etapa más en el mecanismo de control, que sería el mejoramiento de los estándares; en el caso de la calidad, debido al desarrollo de nuevas tecnologías, equipos de construcción más evolucionados o mejor conocimiento del comportamiento de los materiales, y en el caso del tiempo y costo, debido sobre todo a la experiencia así como al desarrollo de algoritmos y al empleo de la computadora en el análisis de mayor número de datos y alternativas.



40

FIGURA 5.- REPRESENTACION GRAFICA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO INCLUYENDO LOS CONTROLES ADMINISTRATIVO Y DE CALIDAD

## **5.1 CONTROL DE CALIDAD**

Refiriéndonos a las etapas del control señaladas en el punto anterior, el establecimiento de los estándares de calidad con que habrá de ser ejecutada la obra provienen, tanto de especificaciones señaladas en el proyecto, como de especificaciones institucionales que rigen para la construcción de obras públicas.

Las especificaciones abarcan los requerimientos de calidad que deben reunir los materiales empleados en la construcción y las condiciones que se exigen a los procedimientos constructivos para que sean aceptados, previendo con esto garantizar la calidad final del material ya colocado. Por ejemplo, se puede tener el caso de una mezcla de concreto perfectamente elaborada pero con una colocación que careció de vibrado por lo cual se rechaza el elemento estructural donde se utilizó el material. En otras ocasiones, la especificación se refiere exclusivamente al procedimiento constructivo, como podría ser el caso de una excavación profunda en material suave, donde se tendrían lineamientos en cuanto al soporte temporal del terreno, abatimiento del nivel freático, niveles máximos de excavación por etapas, etc.

Los estándares de calidad, son afines al nivel de conocimiento que la ingeniería civil tiene en un momento histórico determinado y función del nivel de exigencia que se pueda tener en relación al costo de la obra.

En cuanto a la verificación o comparación de lo real contra el estándar, esta puede consistir en una simple inspección ocular, en una medición, o en la realización de pruebas de laboratorio a pie de obra o en laboratorios especializados. En estos últimos casos, si bien la ejecución misma de la prueba no es, estrictamente hablando, competencia del ingeniero civil, si es su obligación interpretar adecuadamente los resultados obtenidos e inclusive evaluar la correcta ejecución de las pruebas.

El tomar una decisión adecuada y oportunamente para corregir desviaciones, depende en mucho de la experiencia que el profesional tenga en el campo específico de que se trate. Una desviación sustancial en cuanto a la resistencia del concreto conllevaría a detectar deficiencias en una serie de variables muy distintas a lo que sería el caso de una mala soldadura o la aplicación deficiente de una pintura por citar un ejemplo.

En algunos casos, el tiempo que transcurre para que a través de una prueba de laboratorio obtengamos información acerca de las propiedades de un material,

constituye para el constructor un contratiempo, por lo cual, hay la tendencia a desarrollar métodos acelerados para la verificación de la calidad.

Asimismo, la aplicación de métodos estadísticos permiten una mejor toma de decisiones en cuanto a la definición del criterio para aceptar o rechazar aquello que se controla.

Se ilustra a continuación un caso simplificado como ejemplo de lo anterior:

**a) Establecimiento de estándares.**

Una de las características importantes del concreto, es su resistencia a la compresión. El estándar que actualmente se utiliza para medir esta resistencia, se conoce como  $f_c$  y está expresado en  $\text{kg/cm}^2$ .

La  $f_c$  del concreto, se refiere a la resistencia de un cilindro de concreto sujeto a compresión simple, elaborado bajo condiciones especificadas como son:

- Se utiliza un molde metálico previamente sellado para evitar pérdidas de agua, de forma cilíndrica de 15cm de diámetro interior y 30 cm de altura.

- Una vez sellado, se aceita ligeramente la superficie interior del molde.

- Se procede a llenar el molde en 3 capas, siendo cada una de ellas de aproximadamente un tercio del volumen total del cilindro.

- Al vaciar cada capa con porciones del concreto muestra, tomadas con un cucharón metálico de tipo rectangular, se debe girar éste sobre el borde del cilindro a medida que se vaya descargando, para asegurar una correcta distribución.

- Enseguida, se distribuye el concreto con una varilla metálica redonda y lisa con diámetro de 16mm y 60cm de largo, con la que se procede a compactar. La primera capa, que debe tener una altura aproximada de 10cm, se compacta con 25 penetraciones siguiendo el trazo de una espiral, de la orilla al centro (figura 6-A); si quedan oquedades superficiales, se golpea ligeramente con la varilla varias veces, de abajo hacia arriba sobre el cuerpo del molde, para que cierren los vacíos que hayan quedado al compactar.

- La segunda capa, con la que se debe alcanzar una altura máxima de 20cm dentro del molde, se compacta con 25 penetraciones de varilla, de la misma manera que se hizo al compactar la primera capa, procurando que en cada golpe la varilla penetre 2cm aproximadamente en la capa inferior (figura 6-B). Después de haber compactado la segunda capa, si hay oquedades se repite el golpeo lateral de igual forma que en la primera etapa. Con la tercera capa, debe llenarse totalmente el molde y agregar una cantidad extra suficiente, para que, después de compactar esta última con 25 golpes de la varilla, quede totalmente lleno el molde con un ligero excedente. Si hay oquedades se repite el golpeo lateral (figura 6-C).

- Al terminar la compactación, se procede a enrasar con una regla metálica de aproximadamente 30cm de longitud, 2.5 cm de ancho y 5 cm de espesor, con aristas rectas y libres de melladuras; haciendo un movimiento de vaivén sobre el borde superior del molde con lo cual quedará una superficie plana y uniforme que esté a nivel y que no tenga depresiones o promontorios de más de 3 mm (figura 6-D).

- Para identificar los cilindros, se marcan con trazos muy finos sobre la parte superior, con las claves de identificación que tengan designadas.

- Para evitar la evaporación del agua de los cilindros recién elaborados, se deben cubrir inmediatamente con una tapa de material no absorbente, ni reactivo o una tela de plástico (figura 6-E).

- No dejarlos abandonados en la obra a la intemperie, deben ser recogidos después del fraguado del cilindro.

- Una vez elaborados los cilindros, se podrán retirar de los moldes, de preferencia 24 horas después, permitiéndose un margen entre 16 y 48 horas, y almacenar de inmediato en una condición húmeda, a la temperatura de 23°C (con tolerancias de más menos 2 grados centígrados) hasta el momento de la prueba.

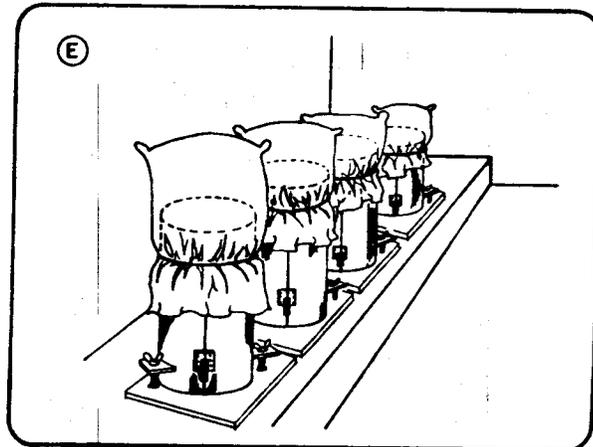
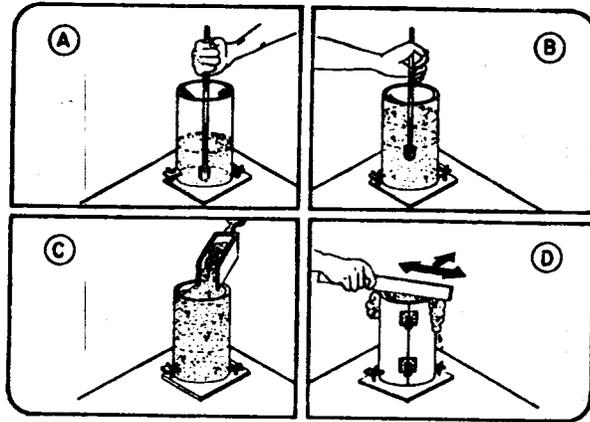
- Antes de efectuar el ensaye, se deben cabecear los cilindros con un material y espesor de capa tales, que no fluya ni se rompa al aplicar la carga.

Supongamos en este caso, que nos ha sido fijada una resistencia para el concreto que estamos utilizando en obra de 250kg/cm<sup>2</sup>, con ciertas tolerancias fijadas de acuerdo a criterios estadísticos.

#### b) Verificación o comparación de lo real contra el estándar.

Para llevar a cabo esta etapa debemos tener en cuenta las consideraciones siguientes:

FIGURA 6.- ELABORACION DE CILINDROS DE CONCRETO PARA CONTROL DE CALIDAD.



1a.) Que de todo el concreto que se este utilizando, deberán obtenerse las muestras representativas exigidas en las especificaciones de construcción.

2a.) Para poder correlacionar los resultados de las muestras con el estándar, éstas deberán ser elaboradas y probadas bajo las mismas condiciones del estándar.

Se efectúa el ensaye de la muestra elaborada, en una máquina de prueba universal que cumpla con los requisitos establecidos para este tipo de pruebas. Si al determinar la resistencia de nuestro concreto estamos dentro de los límites especificados, podremos seguir adelante con su utilización y si, por el contrario, excedemos la tolerancia estipulada, emprenderemos una serie de acciones tendientes a corregir la desviación.

**c) Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.**

Supongamos que, en el ejemplo que nos ocupa, se han estado obteniendo sistemáticamente concretos con resistencias por abajo de las solicitadas. Con la finalidad de poder tomar una acción correctiva, debemos localizar la causa o causas del problema que puede ser un mal diseño de la mezcla, mala dosificación, mala calidad de los agregados, del agua utilizada o del concreto, etc. No podría descartarse la posibilidad que los cilindros de prueba hubieran sido mal elaborados o mal ensayados. Detectada la falla sería relativamente simple corregirla: rediseñar la mezcla, corregir la dosificación, cambiar los agregados, el agua o el cemento, etc.

Si por el contrario, las resistencias que se han obtenido son superiores a las especificadas, también habría que tomar una medida correctiva pues, en este caso, el costo de las mezclas de concreto seguramente estará siendo superior a lo presupuestado.

**d) Mejoramiento de los estándares.**

Los estándares establecidos, se van modificando conforme al avance de las investigaciones que se hacen sobre el comportamiento de los materiales.

En el caso del concreto, en la actualidad, se llevan a cabo investigaciones y pruebas con concretos polimerizados, con los cuales se alcanzan resistencias muy por arriba de las convencionales. Si, en un momento dado, es técnica y económicamente posible construir con este nuevo material, el estándar que se fije en cuanto a resistencia tendrá que ser, sin duda, superior al actual y se diseñará una especificación que permita comparar los resultados de campo contra los obtenidos en el laboratorio.

## **5.2 CONTROL ADMINISTRATIVO.**

El controlar adecuadamente el costo y tiempo de ejecución de una obra, permitirá corregir oportunamente desviaciones que, de no hacerlo, pondrían en riesgo la consecución de las metas fijadas.

### **5.2.1 Control de tiempo.**

Nuevamente, haciendo referencia a las etapas ya descritas, el establecimiento de los estándares de tiempo, provienen del análisis, tan detallado como sea posible, de cada una de las actividades que componen un procedimiento constructivo, su interrelación y el rendimiento de los recursos: obra de mano y equipo, asignados para ejecutarlas.

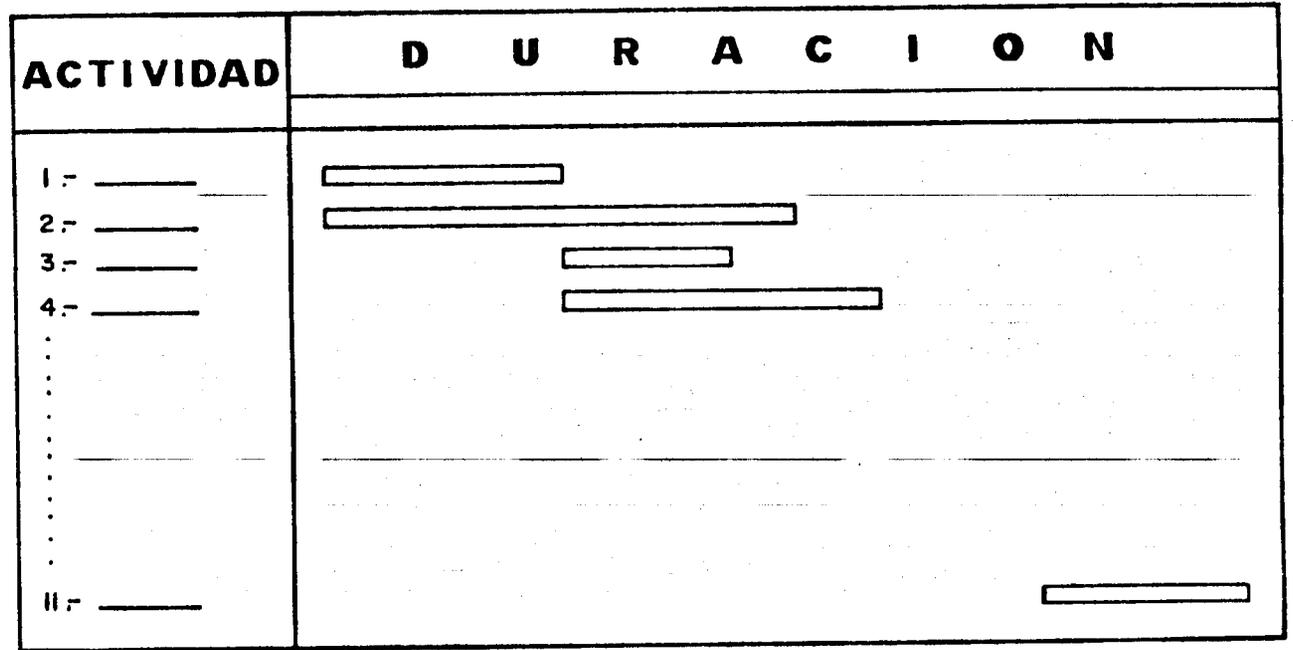
El procesamiento de esta información, da como resultado lo que se conoce como programa de obra en el cual se muestra gráficamente la duración de todas y cada una de las actividades en que convencionalmente se ha dividido la obra para su análisis. El medio más común para hacer esto, es por medio de un diagrama de barras o de Gantt. (ver figura 7).

A partir del programa de obra, pueden seleccionarse los estándares de comparación, pudiendo ser el propio programa general de obra un estándar contra el cual comparar el avance real registrado en campo.

En el caso particular de cada una de las actividades, su duración se calcula en función del volumen de obra por ejecutar de acuerdo al proyecto, y del rendimiento, entendido como la cantidad de obra ejecutada entre la unidad de tiempo seleccionada, que el personal o el equipo encargado de determinada tarea es capaz de ejecutar.

Podríamos por ejemplo generar, para un frente específico de excavación, una gráfica que nos relacione tiempo contra volumen acumulado, misma que sería nuestro estándar de comparación. (figura 8)

Otros estándares lo serían los rendimientos esperados en cada una de las actividades, ya sea que se ejecuten manual o mecánicamente.



47

FIGURA 7- DIGRAMA DE BARRAS O DE GANTT

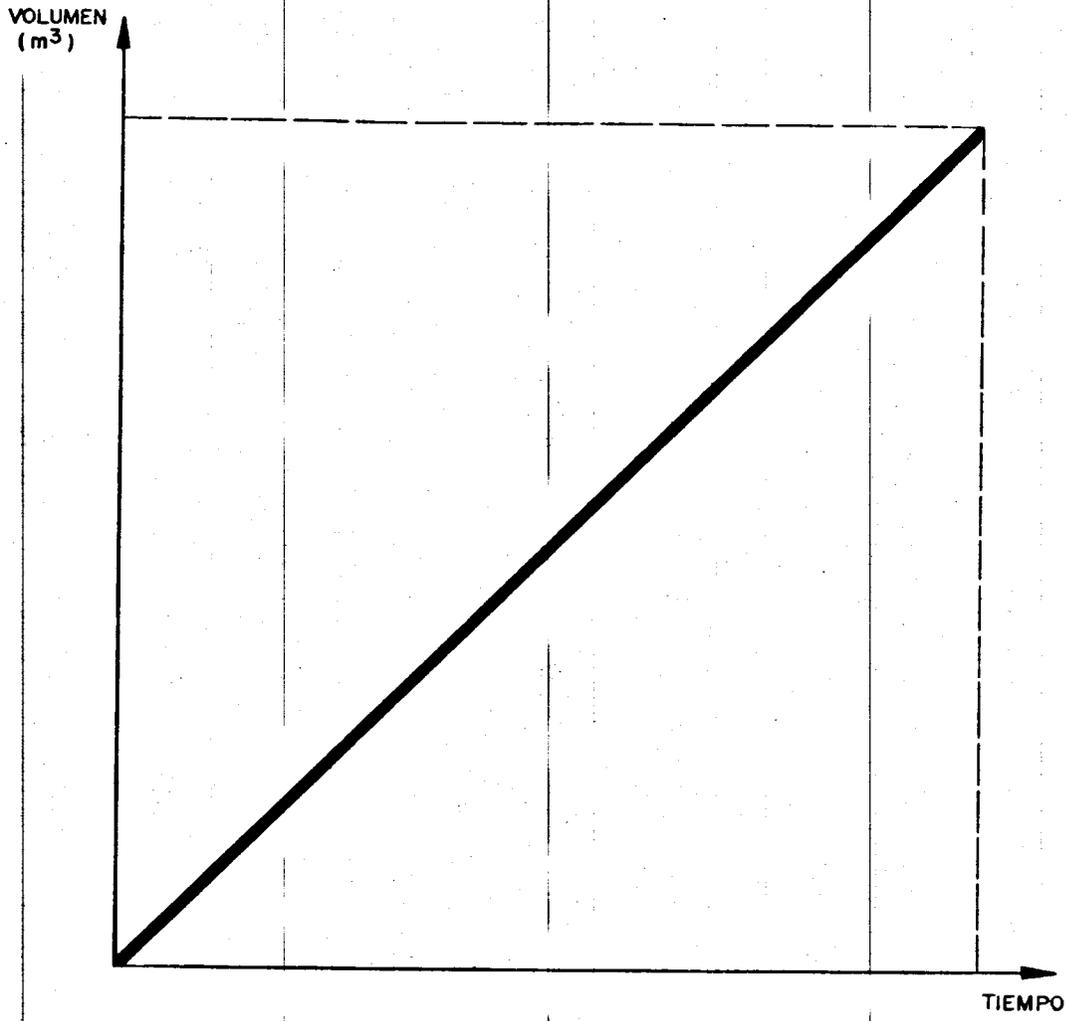


FIG. 8.- ESTANDAR TIEMPO - VOLUMEN POR EJECUTAR



Una vez establecidos los estándares, de acuerdo a la periodicidad requerida por los diferentes niveles jerárquicos de una organización, generaremos reportes conteniendo los rendimientos reales obtenidos en la obra e, importantemente, señalando las causas del retraso en las actividades que lo tengan.

La acción correctiva estará encaminada a corregir las variables controlables como pueden ser: incrementar el número de personal en uno o varios frentes de trabajo, asignar personal mejor calificado, cambiar el tipo de maquinarias que se están empleando, modificar el procedimiento constructivo, etc.

En la figura 9, se observa un retraso en la actividad, relleno: la causa posible estará comprendida entre la explotación del material que se está utilizando, hasta la colocación y compactación del mismo. Habrá que revisar el equipo que se emplea, si hay tiempos muertos y su motivo, la operación de las máquinas, su capacidad, y otras. Detectada la falla, restará tomar la medida correctiva que la subsane: seleccionar el equipo idóneo, cambiar de operadores, mejorar el mantenimiento, etc.

El mejoramiento de los estándares de comparación en este caso, se logra en base a considerar las condiciones reales que se presentarán en campo, el clima, el grado real de dificultad de la obra, así como a un análisis metucioso del proyecto por construir, entre otras medidas.

### **5.2.2 Control de Costos.**

Un alto volumen de las obras que se ejecutan en nuestro país, se contratan bajo el sistema de precios unitarios, aplicados a los diversos conceptos y cantidades de obra para conformar un presupuesto cuyos encabezados son: Concepto, Unidad, Cantidad, Precio Unitario e Importe.

El precio unitario a su vez, está integrado por los costos correspondientes a obra de mano, materiales, herramienta y maquinaria llamados en conjunto Costo Directo, los costos de administración, fianzas, seguros, financiamiento e imprevistos, denominados Costo Indirecto y la Utilidad que el constructor percibe a cambio de su trabajo.

05

ACTIVIDAD		S E M A N A											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
TRAZO Y NIVELACION	P	█											
	R	▬											
EXCAVACION	P	█	█	█	█	█	█						
	R	▬	▬	▬	▬	▬	▬						
CAMA	P		█	█	█	█	█						
	R		▬	▬	▬	▬	▬						
COLOCACION DE TUBERIA	P			█	█	█	█	█	█	█			
	R			▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬			
RELLENO	P			█	█	█	█	█	█	█			
	R			▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬			
LIMPIEZA	P											█	
	R											▬	

P = PROGRAMA  
R = REAL



FIGURA 9.- PROGRAMA PARA LA COLOCACION DE UNA LINEA DE TUBERIA

Los precios unitarios, y cada uno de los elementos que lo integran son, en los costos, estándares de comparación. Asimismo, los rendimientos, que como ya vimos sirven de base para controlar el tiempo de ejecución, tienen evidentemente, una relación directa con el costo.

El presupuesto en sí, asociado al programa de obra, puede hacer las veces de estándar global de comparación a través de su representación gráfica (ver figura 10) o de un flujo de caja, también llamado relación egresos-ingresos o cash-flow.

En la elaboración del presupuesto, como su nombre lo dice "previamente supuesto", se hace uso de la información disponible en el proyecto y de los costos que en ese momento tengan los insumos. Cabe pues esperar que, sobre la marcha, se tengan incrementos de costos no controlables por el constructor, así como condiciones de campo que hagan variar el proyecto por lo cual el presupuesto se tenga que ajustar.

Por otra parte, si por medio del control de costos se detectan desviaciones importantes, habrá que buscar la causa y corregirla de inmediato: salarios del personal más altos que los supuestos, rendimientos más bajos, costos de adquisición de los materiales por encima de lo presupuestado, consumos o desperdicios mayores a los normales, rentas del equipo superiores a los previstos, rendimientos inferiores, costos de administración muy altos, financiamiento elevado.

En un ambiente inflacionario, el control de costos reviste especial importancia para el constructor, entre otras razones porque el poder adquisitivo de la moneda cambia rápidamente, lo cual ha hecho que se desarrollen disciplinas como la ingeniería de costos.

El mejoramiento de los estándares de comparación en este renglón, se tendrá en la medida que se estudie al detalle el proyecto por presupuestar, así como las condiciones que prevalecerán en campo en cuanto al grado de dificultad para ejecutar las obras.

#### **ACTIVIDADES SUGERIDAS**

1.- Aplicar el mecanismo de control descrito a casos concretos de materiales, procedimientos constructivos, costos y rendimientos.

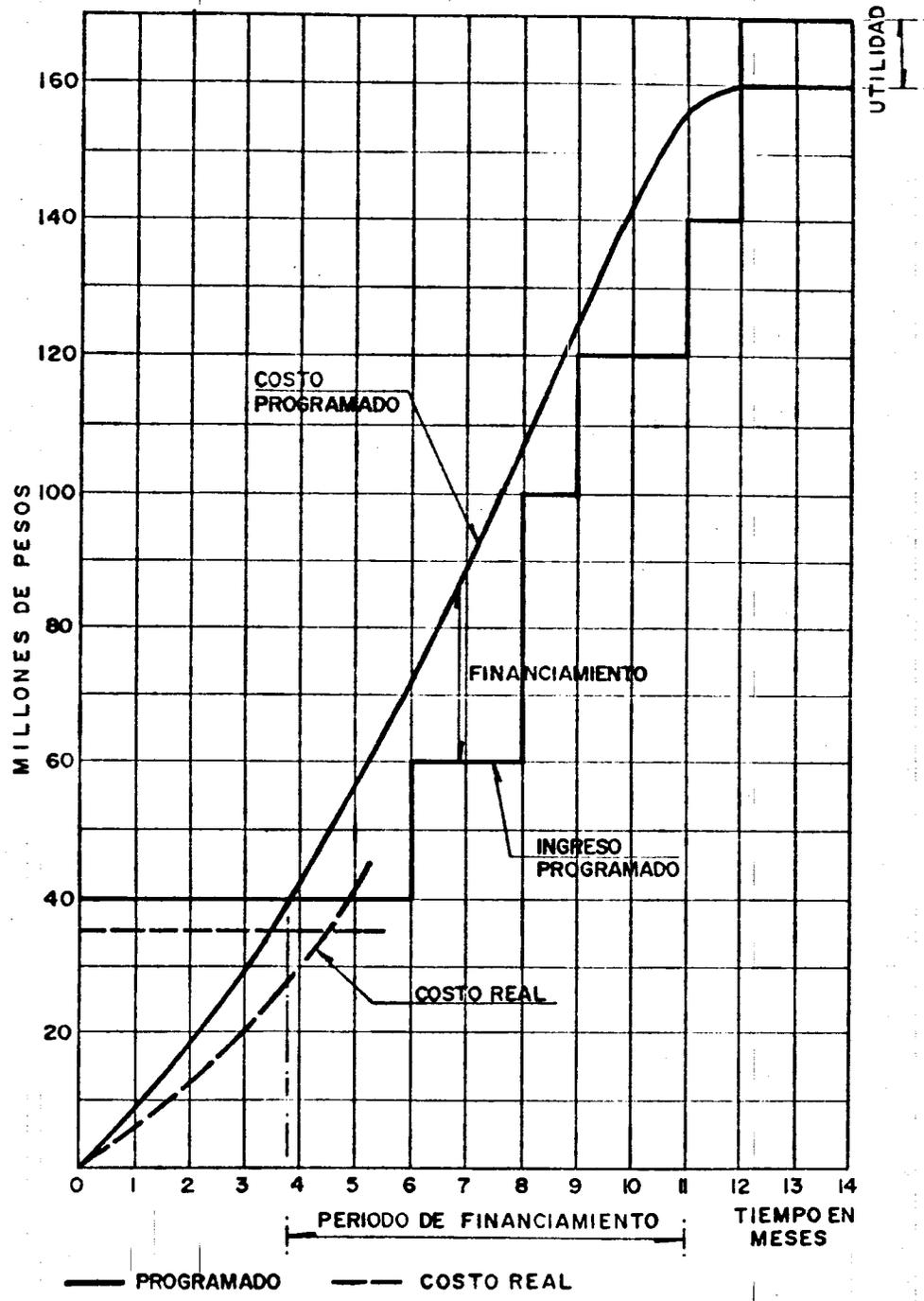


FIGURA 10.- GRAFICA TIEMPO-COSTO DE EJECUCION

2.- Discutir la importancia relativa de los parámetros *CALIDAD, COSTO Y TIEMPO*.

3.- Definir la palabra calidad y discutir su importancia en la ejecución de la obra. Analizar diferentes definiciones.

4.- Citar ejemplos concretos de especificaciones, analizarlas.

5.- Discutir la relación costo-tiempo en la ejecución de una obra.

6.- Proponer un mecanismo para el control de costos a nivel obra.

7.- Proponer un mecanismo para el control de avances a nivel obra.

8.- Enlistar las acciones correctivas que pudieran seguirse ante la detección de desviaciones en los estándares de calidad, tiempo y costo.

9.- Otras:

---

---

---

## ANEXO 1

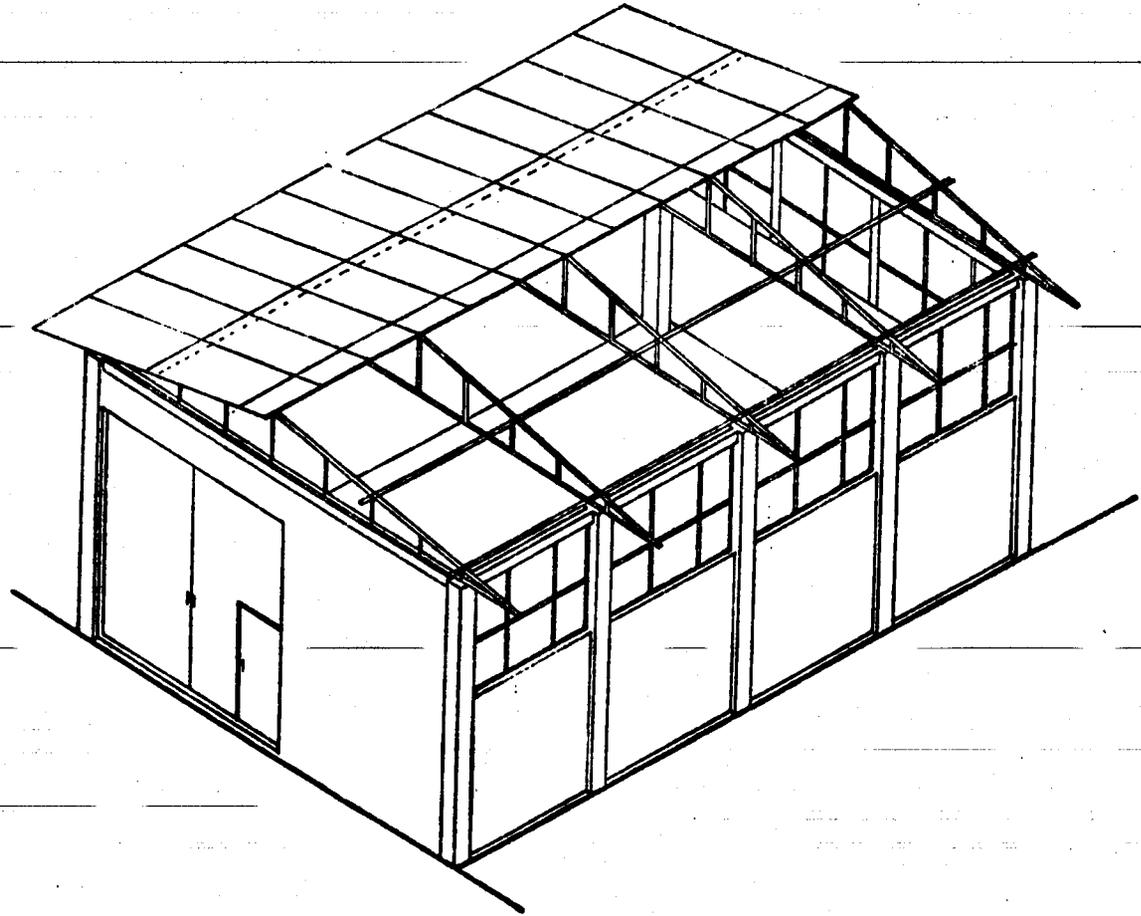
Atendiendo a las recomendaciones de varios profesores, se incluye un ejemplo de un proyecto sencillo con la cuantificación correspondiente. Se sugiere que los alumnos interpreten dicho proyecto y verifiquen las cantidades de obra. La presentación de los números generadores se hace tal como generalmente se realiza en obra (croquis a mano alzada y manuscritos).

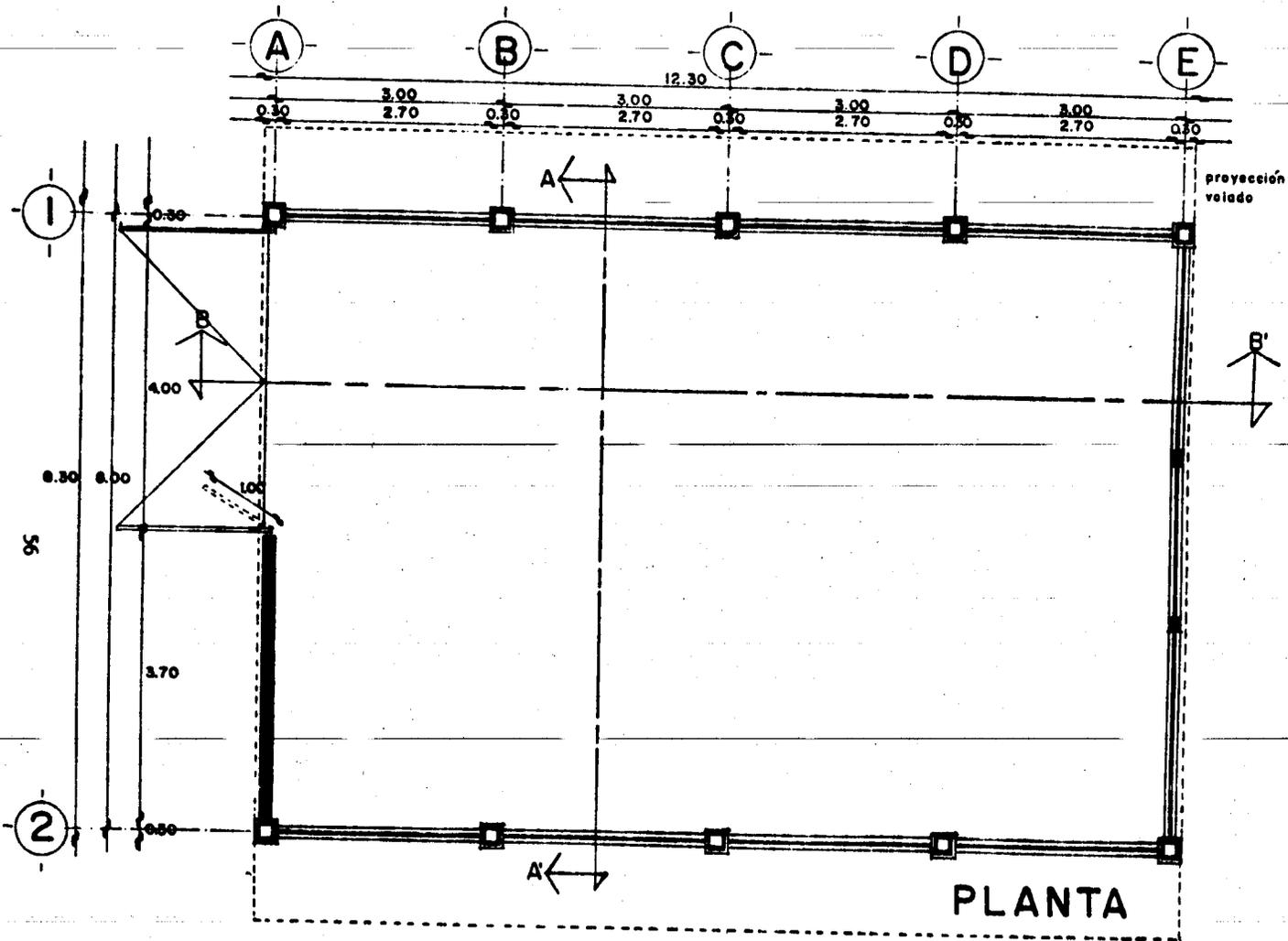
Finalmente se propone al profesor encargue a los alumnos la interpretación y cuantificación de otros proyectos simplificados.

El autor recomienda, para el desarrollo del primer punto, la elaboración de dibujos a mano alzada, isométricos y, de ser posible maquetas con materiales económicos y sin demasiado detalle para no encarecerlos.

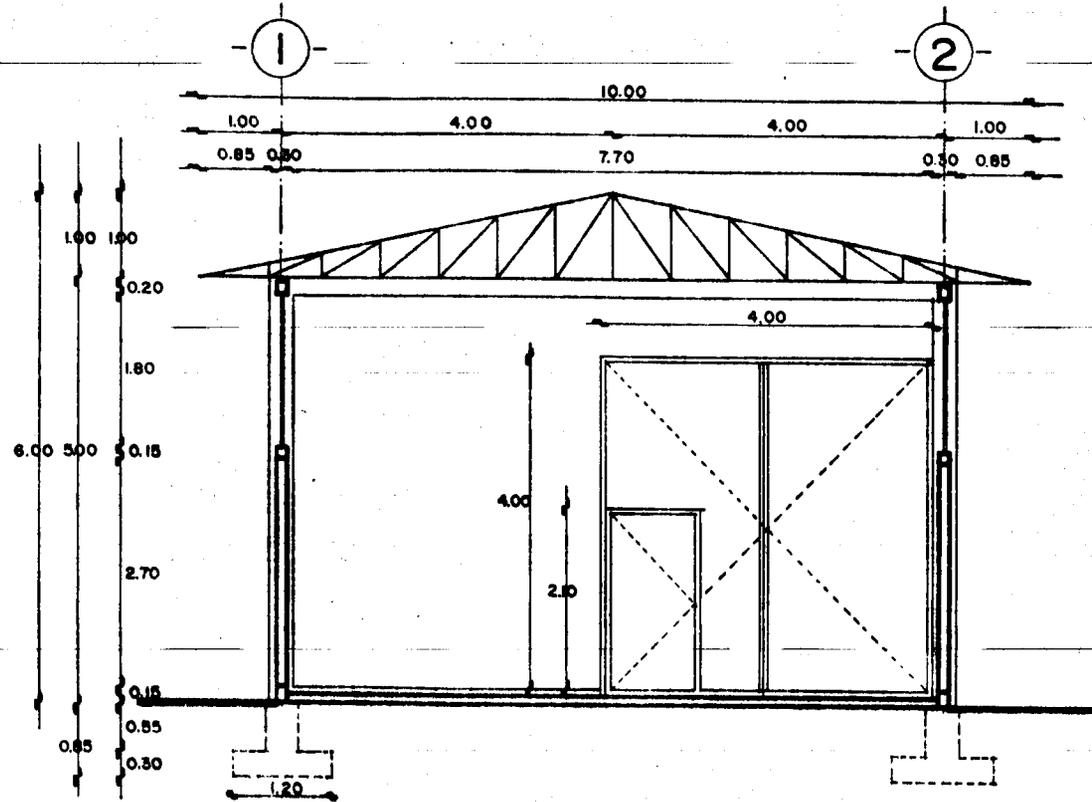
PLAN  
1:100

55

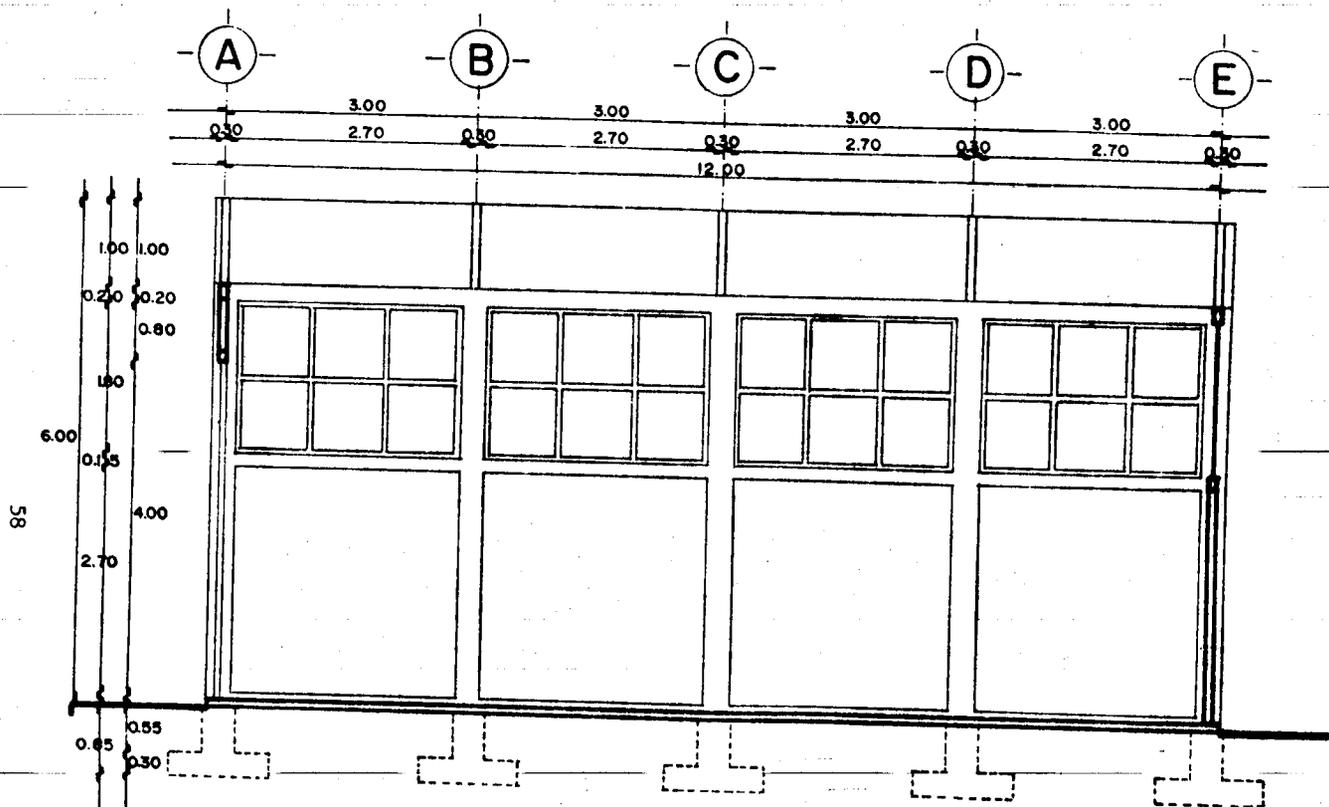




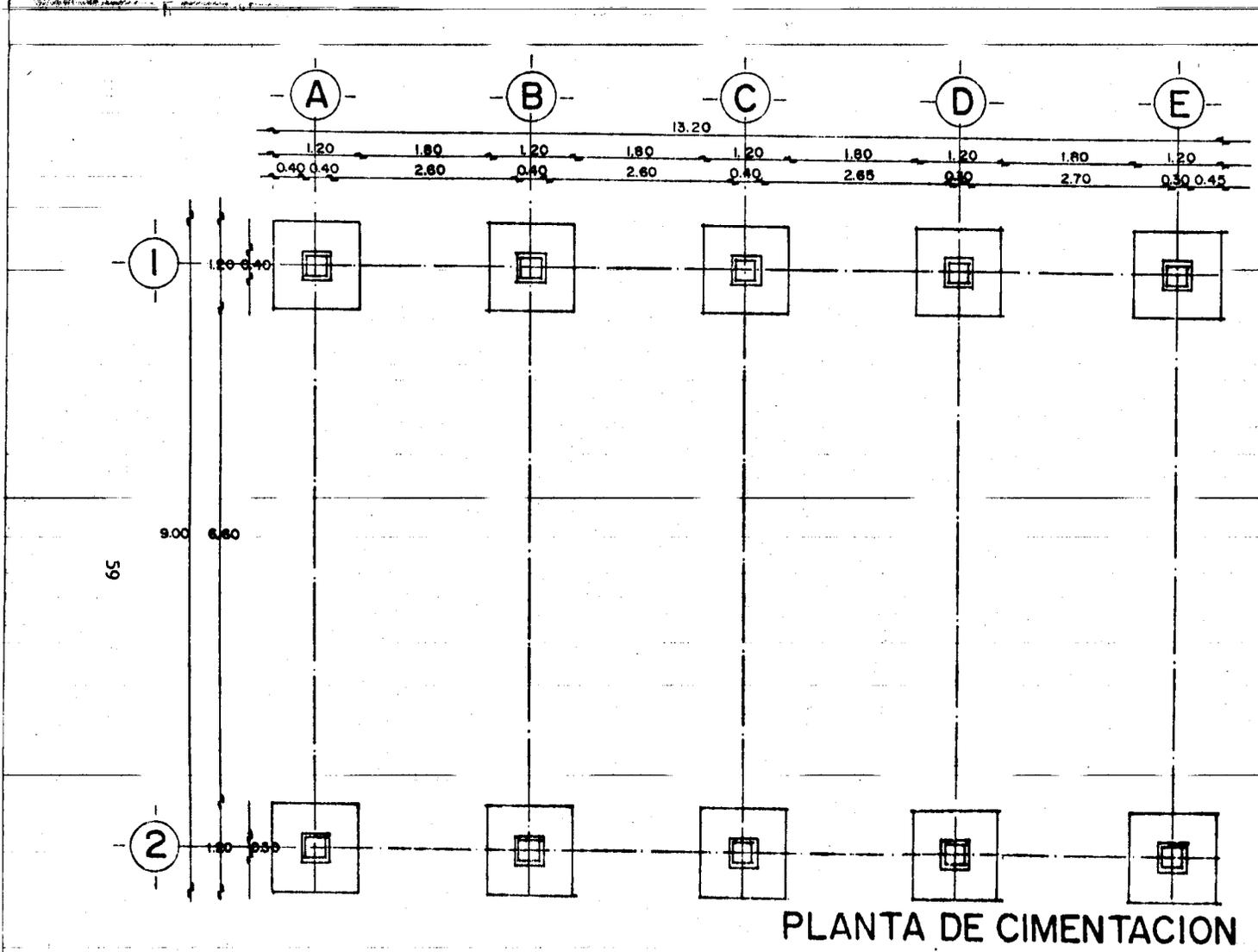
57



CORTE A-A'

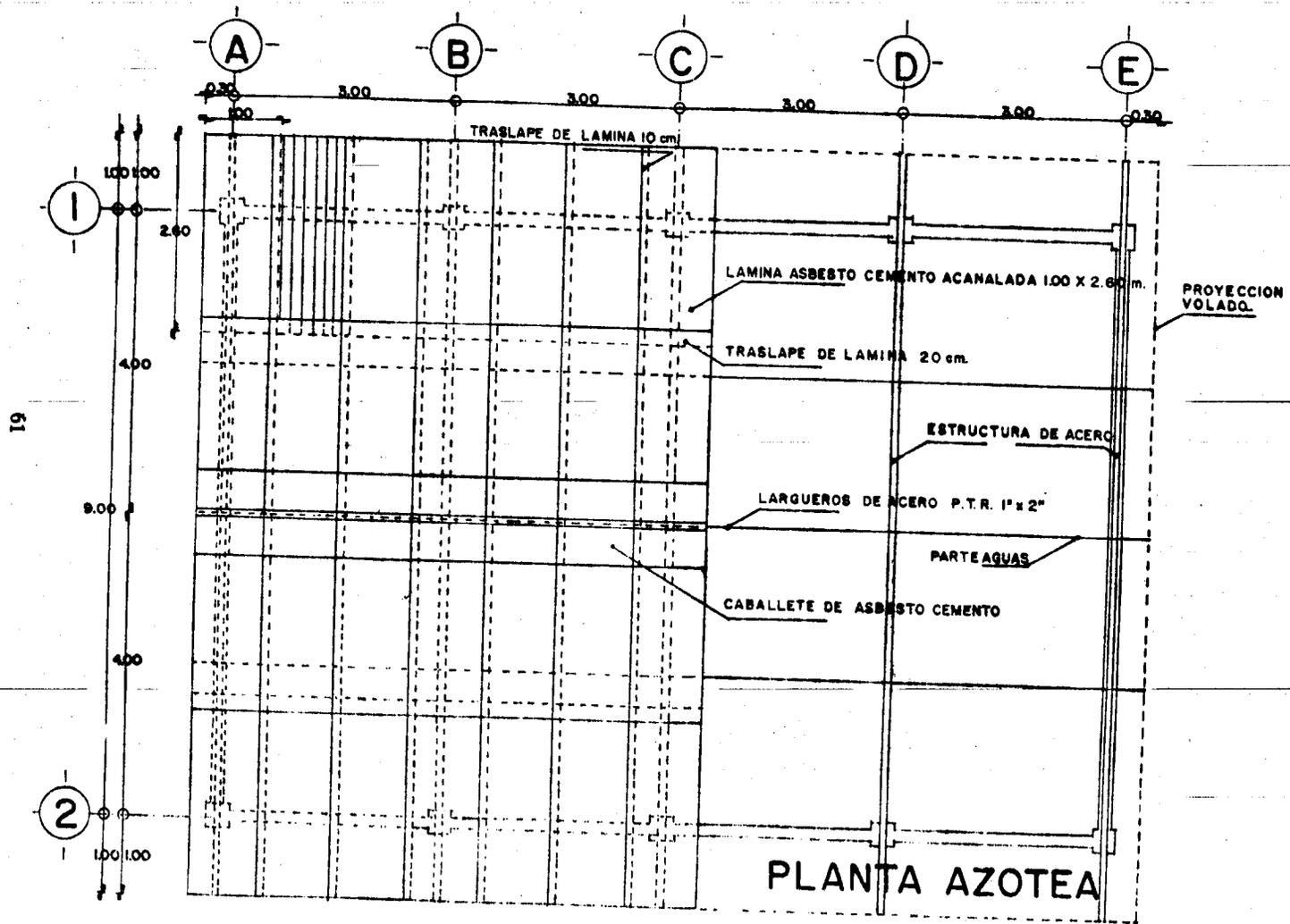


CORTE B-B'



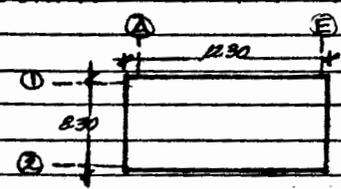
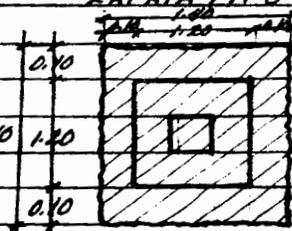
PLANTA DE CIMENTACION





	HOJA N° <u>1</u>
	No. DE ESTIMACION _____
	PERIODO DE EJECUCION _____
	DE _____
	A _____
	FECHA DE PRESENTACION _____
	CONTRATO No. _____

OBRA: \_\_\_\_\_  
 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	<b>CUANTIFICACION DE OBRA</b>				
	<i>PRELIMINARES.</i>				
					
	LIMPIEZA DEL TERRENO		$12.30 \times 8.30 = 102.09$	M2	102.09
	NO : PLANO A-1 - ESES A-E ENTRE 1-2.				
	TRAZO Y NIVELACION DEL TERRENO; PLANO A-1, ESES A-E ENTRE 1-2				
			$12.30 \times 8.30 = 102.09$	M2	102.09
	<b>ZAPATA TIPO</b>				
	EXCAVACION MANUAL EN CERA TERRENO "A" CLASE II, DE 0.00 A 2.00 M DE PROFUNDIDAD				
					
			$1.40 \times 1.40 = 1.764$		
			$1.764 \times 10 = 17.64$		
				M3	17.64

RESIDENTE SUPERVISION	Ve. Bo.	RESIDENTE CONTRATISTA.
-----------------------	---------	------------------------

	HOJA N° <u>2</u>
	Nº. DE ESTIMACION _____
	PERIODO DE EJECUCION _____
	DE _____
	A _____
	FECHA DE PRESENTACION _____
OBRA: _____	CONTRATO N° _____
CONTRATISTA: _____	

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	ACABADO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION EN CAMION.				
	1º KILOMETRO.			M <sup>3</sup> /KM	17.64
	ACABADO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION EN CAMION.				
	KMS. SUBSECUENTES		SE CONSIDERA EL TIPO A 15 KM		
			15 - 1 = 14 ; 14 x 17.64 = 246.96	M <sup>3</sup> /KM	246.96
	RELLENO CON TERRETE EN CAPAS DE 20 CM. DE ESPESOR EMPLEANDO PISON DE MANO EN CIMENTACION (ZAPATAS AISLADAS) Y PISOS.				
			Vol. ZAPATA 0.30 x 1.20 x 1.20 = 0.43		
			0.55 x 1.20 x 0.90 = 0.59		
			0.05 x 1.20 x 1.20 = 0.07		
			Vol. CEPAS = 1.40 x 1.40 x 0.90 = 1.76		0.59
			1.76 - 0.59 = 1.17 x 10.00 = 11.70		
				0.30 x 1.20 x 12.00 = 28.80	
			11.70 + 28.80 = 40.50	M <sup>3</sup>	40.50

RESIDENTE SUPERVISION	Vo. Bo.	RESIDENTE CONTRATISTA.
-----------------------	---------	------------------------

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_  
 PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_  
 DE \_\_\_\_\_  
 A \_\_\_\_\_  
 FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_  
 CONTRATO No. \_\_\_\_\_

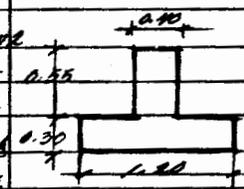
OBRA:  
 CONTRATISTA:

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	<b>CIMENTACION</b>				
	PLANTILLA DE CONCRETO SIMPLE PARA RECEBIR CIMENTACION ESES A, B, C, D, Y E EN LOS CRUCES CON LOS ESES 1 Y 2 PLANO E-R (F'c = 100 Kg/cm <sup>2</sup> )		1.40 x 1.40 x 0.05 = 0.098 0.98 x 10 PIEZAS = 0.98	M <sup>3</sup>	0.98
	CIMENTACION COMUN EN CIMENTACION (ZAPATA AISLADA) PLANO E-R ESES A, B, C, D, Y E EN EL CRUCE CON LOS ESES 1 Y 2 (SUPERFICIE DE CONTACTO)		 $1.20 \times 0.30 \times 4 \text{ LADOS} \times 10 \text{ PIEZAS} = 14.40$ $0.55 \times 0.40 \times 4 \text{ LADOS} \times 10 \text{ PIEZAS} = 8.80$ <b>23.20</b>	M <sup>2</sup>	23.20

RESIDENTE SUPERVISION	Vo. Bo.	RESIDENTE CONTRATISTA.
-----------------------	---------	------------------------

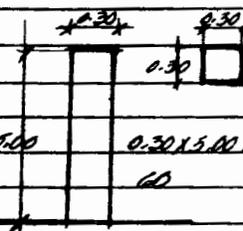
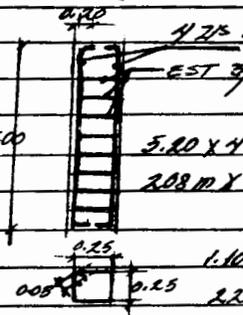
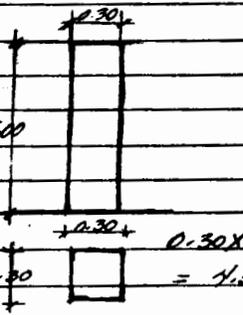
No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_  
 PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_  
 DE \_\_\_\_\_  
 A \_\_\_\_\_  
 FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_  
 CONTRATO No. \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_  
 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	ARMADO DE ACERO - GRADO ESTRUCTURAL		ARMADO POR TEMPERATURA $2 \times 10 \times 10 \times 10$ 7 <sup>o</sup> DE ARMADO $1.10 \times \phi 5/8"$		
	FX = 4 800 Kg/CHREN				
	CIMENTACION $\phi 5/8"$		$1.30 \times 8.75 \times 10 \text{ PZAS} = 109$		
	PLANO E-2 EJES - A, B, C, D, E EN LOS CAS		$1.30 \times 8.75 \times 10 \text{ PZAS} = 109$ 208 m.		
	CES CON LOS EJES 1 x 2		$208 \times 1.560 = 324 \text{ Kg}$	TON.	0.324
					
			$1.60 \times 4.75 \times 10 \text{ PZAS} = 64 \text{ m}$		
			$64 \text{ m} \times 2.250 \text{ Kg/m} = 144 \text{ Kg}$	TON.	0.144
			ESTRIBOS $\phi 3/8"$		
					
			$1.30 \times 2 \times 10 \text{ PZAS} = 39 \text{ m}$		
			$39 \text{ m} \times 0.557 = 21 \text{ Kg}$	TON.	0.021
	CONCRETO FC = 200 Kg/m <sup>3</sup>				
	F.M.A. 3/4" HECHO EN OBRA PARA CIMENTACION		$0.41 \times 0.40 \times 0.55 \times 10 \text{ PZAS}$		
	NO E-2 EJES A, B, C, D, E EN LOS CAS		$1.20 \times 1.20 \times 0.3 \times 10 \text{ PZAS} = 4.32$	H3	5.20
RESIDENTE SUPERVISION	Vo. Bo.		RESIDENTE CONTRATISTA.		

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_  
 PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_  
 DE \_\_\_\_\_  
 A \_\_\_\_\_  
 FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_  
 CONTRATO No. \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_  
 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	<b>ESTRUCTURA.</b>				
	CINDBA LAPARENTE EN COLONNAS, SUPERFICIE DE CONTACTO PLANO - A-1 ESES A, B, C, D, E EN LOS CABICES CON - LOS ESES 1 y 2.		 <p>0.30 x 0.30 x 5.00 x 4 lados x 10 pzas = 60</p>	M2	60.00
	ARMADO DE ACERO - GRADO ESTRUCTURAL FY = 4200 KG/CHR EN ESTRUCTURA $\phi$ 3/4" Y 3/8"		 <p>4 7/8 <math>\phi</math> 3/4" EST 3/8" <math>\phi</math> @ 25 cm.  <math>5.20 \times 4 7/8 \times 10 pzas = 208 m</math>  <math>208 m \times 2.250 = 468 kg</math>  <math>1.10 \times 10 7/8 \times 10 pzas = 220 m</math>  <math>220 m \times 0.557 = 122 kg</math></p>	TON.	0.468
	CONCRETO FG = 250 KG/CHR T.M.A. 3/4" PDE. MEZCLADO, PARA ESTRUCTURAS, COLONNAS PLANO A-1		 <p>0.30 x 0.30 x 5.00 x 10 pzas = 4.5</p>	M3	4.5
RESIDENTE SUPERVISION		Ve. Bo.	RESIDENTE CONTRATISTA.		

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_

PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_

DE \_\_\_\_\_

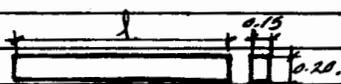
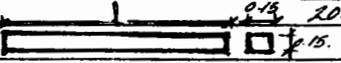
A \_\_\_\_\_

FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_

CONTRATO No. \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_

CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	CINTA APARENTE EN CADENAS PERIMETRALES SUPERIORES, SOBRE EJE DE CONTACTO PLANO A-1 Y A-2. EYES I-R Y A-E.		 $ESE A = 8.00 \times 0.55 = 4.40$ $ESE E = 2.70 \times 0.55 \times 2 = 2.97$ $ESE I = 2.00 \times 0.55 = 1.10$ $ESE I/R = 2.70 \times 0.55 \times 8 = 11.88$ <u>20.35</u>		
	CINTA APARENTE EN CADENA INTERMEDIA E INFERIORES, CERRAMIENTO EN POSICION DE ACCESO		 $ESE A = 3.70 \times 0.30 \times 2 = 2.22$ $ESE A = 4.00 \times 0.95 = 1.80$ $ESE E = 7.40 \times 0.30 \times 2 = 4.44$ $ESE I = 2.70 \times 8.00 \times 0.30 = 6.48$ $ESE R = 2.70 \times 8.00 \times 0.30 = 6.48$ <u>21.42</u>		
			$20.35 + 21.42 = 41.77$	HZ	41.77
	ABRADO DE ACERO GRADO ESTRUCTURAL F <sub>y</sub> = 4200 Kg/cm <sup>2</sup> EN CADENAS 1/2" PLANO. E-E (SUPERIORES)		 $ESE I = 4 \times 12.46 = 49.84$ $ESE R = 4 \times 12.46 = 49.84$ $ESE A = 4 \times 8.46 = 33.84$ $ESE E = 4 \times 8.46 = 33.84$ <u>167.36 m.</u>		
			$167.36 m \times 0.996 = 166 Kg.$	TON.	0.166
RESIDENTE SUPERVISION		Vo. Bo.	RESIDENTE CONTRATISTA.		

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_  
 PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_  
 DE \_\_\_\_\_  
 A \_\_\_\_\_  
 FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_  
 CONTRATO No. \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_  
 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
			EST. $\phi$ 5/16"		
			EJES 1 y 2 = $125,472 \times 0,64 = 80,0$		
			EJES A y E = $85,970 \times 0,64 = 54,90$		
			134,90		
			$134,90 \times 0,384 = 51 \text{ Kg.}$	TON.	0,051
	ARMADO DE ACERO PARA ESTRUCTURAL $F_y =$ $1,200 \text{ Kg/cm}^2$ EN CADENAS INTERMEDIAS Y CORRIENTES. C.I. / E.B.I. RES.				
			EJE 1 $8 \times 475 \times 2,86 = 91,52$		
			EJE 2 $8 \times 475 \times 2,86 = 91,52$		
			EJE A $2 \times 475 \times 3,86 = 30,88$		
			EJE E $475 \times 4,16 = 16,64$		
			ESEE $2 \times 475 \times 2,86 = 22,88$		
			ESEE $2 \times 475 \times 2,16 = 17,28$		
			270,72 m.		
			$270,72 \times 0,557 = 150 \text{ Kg.}$	TON.	0,150
			EST. $\phi$ 5/16"		
			$18 \times 11 \times 0,64 = 126,72$		
			$2 \times 15 \times 0,64 = 19,20$		
			$1 \times 16 \times 0,64 = 10,20$		
			$2 \times 8 \times 0,64 = 10,24$		
			166,36		
			$166,36 \times 0,384 = 63,88$	TON.	0,064
RESIDENTE SUPERVISION	Vo. Bo.		RESIDENTE CONTRATISTA.		

# G- 610915

 HOJA N° B

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_

PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_

DE \_\_\_\_\_

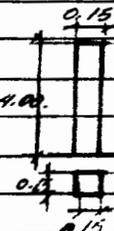
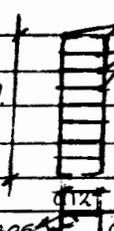
A \_\_\_\_\_

FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_

CONTRATO No. \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_

CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	CONCRETO F'c=180 Kg/cm <sup>2</sup>		CADENA SOBRESIDIO.		
	CNR EN CADENAS SO-		EJE 1 Y 2 16 X 0.20 X 0.15 X 2.70 = 1.29		
	DEBIDAS, INTERME-		EJE A Y E 2 X 0.20 X 0.15 X 2.70 = 0.76		
	DIAS Y ABRASTOS -		CADENA INTERMEDIA Y ABRASTOS		
	HECHO EN OBRA.		EJE 1 Y 2 16 X 0.15 X 0.15 X 2.70 = 0.97		
			EJE A 2 X 0.15 X 0.15 X 3.70 = 0.16		
			EJE A 1 X 0.15 X 0.15 X 4.00 = 0.09		
			EJE E 4 X 0.15 X 0.15 X 2.70 = 0.24		
			EJE E 2 X 0.15 X 0.15 X 2.00 = 0.09		
			3.30	M <sup>3</sup>	3.30
	CIMARRA APARENTE EN		 0.15 X 4.00 X 3 = 1.80		
	CASTILLOS PLANO -		0.15 X 2.70 X 4 = 1.62		
	E-2 EJES A Y E		3.42		
				M <sup>2</sup>	3.42
	ACEPO DE REFUER-		 4.25 $\phi$ 3/8"		
	ZO GRADO ESTRUCTU-		EST. 5/16" $\phi$ 3.20 cm		
	RAL EN CASTILLOS		EJE A - 4 X 4.16 = 16.64		
	F'c = 4200 Kg/cm <sup>2</sup>		EJE E - 4 X 2.86 X 2 = 22.88		
			39.52		
			0.05 X 39.52 X 0.557 = 1.2 Kg	TON	0.022
			EST. 20 X 0.58 = 11.60		
			48.92 X 0.384		
			2 X 2.7 X 0.58 = 31.32		
			= 16 Kg.	TON	0.016
RESIDENTE SUPERVISION		Vo. Bo.	RESIDENTE CONTRATISTA.		

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_

PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_

DE \_\_\_\_\_

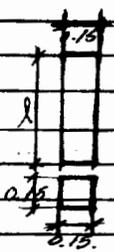
A \_\_\_\_\_

FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_

CONTRATO No. \_\_\_\_\_

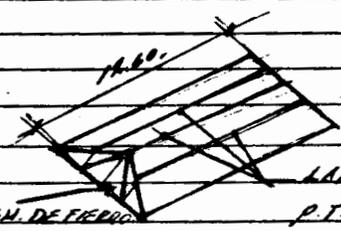
OBRA: \_\_\_\_\_

CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	CONCRETO HECHO EN OBRERA F'c = 180 KG/CM <sup>2</sup> EN CASTILLOS.		 ESE A $0.15 \times 1.5 \times 4 = 0.09$ ESEE $1.5 \times 1.5 \times 2.7 \times 2 = 0.12$ E = 0.21 E = 0.21	M <sup>3</sup>	0.21
	PISOS.				
	FINDE DE CONCRETO HECHO EN OBRERA F'c = 100 KG/CM <sup>2</sup> DE 10 CM DE ESPESOR PLANO AL ESES A-E Y I-R ACABADO ESCOBILLADO.		$7.85 \times 12.30 = 96.55$	M <sup>2</sup>	96.55
	MUROS.				
	MURO DE TABIQUE		ESE A - $3.55 \times 2.70 = 9.58$		
	BOJO RECOCIDO 7X14X28 ACABADO APARTE 14 CM DE ESPESOR PLANO A-I.		ESEE - $2.70 \times 2.70 \times 2 = 14.56$ ESEE - $2.00 \times 2.70 \times 1 = 5.40$ ESES I y R $2.70 \times 2.70 \times 2 = 58.32$ 87.88	M <sup>2</sup>	87.88
	RESIDENTE SUPERVISION	Vo. Bo.	RESIDENTE CONTRATISTA.		

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_  
 PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_  
 DE \_\_\_\_\_  
 A \_\_\_\_\_  
 FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_  
 CONTRATO No. \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_  
 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	BEPELLADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:4 ESPESOR 0.02 M. (INTERIORES)		IDEA AL INTERIOR.		
	ACABADO POLIDO FINO.			HR	87.86
	TECHUMBRE.				
	ARMADURA EN CERRAJA CON PERFILES DE FIERRO LIGERO Y TUBULARA REFORZADO. (P.T.B.)		 <p>ARM. DE FIERRO LARGUERO P.T.B. 2x4"  <math>12.60 \times 5 = 63.00 \text{ m.}</math>                      ARMADURA DE ACERO ANGULO DE <math>2" \times 1/4"</math> <math>5.0 + 8.10 + 2.0 + 2.0 + 1.6 + 8 + 1 + 1 + 1.05 + 1.15 + 1.25 + 1.40 = 17.95 \times 2 = 35.90</math>                      ARMADURA = <math>35.90 \times 4.75 = 170.53</math>                      P.T.B. LARGO = <math>63.00 \times 3.50 = 220.50</math></p>		
				Kg	391.03

RESIDENTE SUPERVISION \_\_\_\_\_ Vo. Bo. \_\_\_\_\_ RESIDENTE CONTRATISTA. \_\_\_\_\_

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_

PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_

DE \_\_\_\_\_

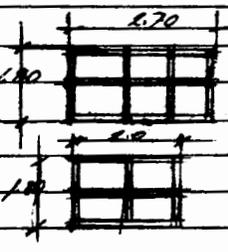
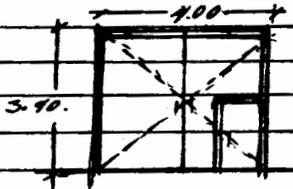
A \_\_\_\_\_

FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_

CONTRATO No. \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_

CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	LAMINA DE ASBESTO ACANALADA 6MM DE ESPESOR DE 8-60MM PLANO A-4 EJES I-2 Y A-E (AREA- CUBIERTA)		12.60 x 10.00 = 126.00	M <sup>2</sup>	126.00
	CABALLETE DE LAMI- NA DE ASBESTO (LONBREGA)			pzo.	13.00
	HERBEBIA				
	VENTANERIA TIPO CON PERFILES TUBO- LAB. DE LAMINA.			pzo. 10.	pzo. 10.00
				pzo. 1	pzo. 2.00
	PORTON DE ACCESO CON LAMINA NE- GRA CBL # 18			pzo.	2.00
RESIDENTE SUPERVISION		Vo. So.	RESIDENTE CONTRATISTA.		

No. DE ESTIMACION \_\_\_\_\_

PERIODO DE EJECUCION \_\_\_\_\_

DE \_\_\_\_\_

A \_\_\_\_\_

FECHA DE PRESENTACION \_\_\_\_\_

CONTRATO No. \_\_\_\_\_

OBRA: \_\_\_\_\_

CONTRATISTA: \_\_\_\_\_

CLAVE	CONCEPTO		MEDIDAS Y OPERACIONES.	TOTAL	
	DESCRIPCION	LOCALIZACION		UNIDAD	CANTIDAD
	VIDRIERIA.				
			<p>10 VENT. X 6 = 60 PZOS.</p>		
	VIDRIO MEDIO DO-	0.70	$60 \times 0.90 \times 0.90 = 48.60.$		
	OLE 3MM DE ES-	0.90	<p>2 VENT X 4 = 8 PZOS.</p>		
	PESOS.		$80 \times 1.0 \times 0.9 = 7.20.$		
			$48.60 + 7.20 = 55.80.$	HR.	55.80
	PINTORA.				
	PINTORA VINILICA EN	PSE A.	$3.55 \times 2.70 = 9.58$		
	MURAS APLANADAS	PIE F	$2.70 \times 2.20 \times 2 = 11.88$		
	(LINEADISES)	EVE E	$2.00 \times 2.70 \times 1 = 5.40.$		
		ESCS	$1/2 \times 2.7 \times 2.7 \times 8 = 58.32$		
			87.86	HR.	87.88
	PINTORA DE ESHALTE		$2.7 \times 1.8 \times 1.0 = 4.86$		
	EN HERREPIA TOROLLE		$2.0 \times 1.8 \times 1.0 = 3.60$		
	Y PORTON DE ACCESO.		$4.0 \times 4.0 \times 2 = 32.00$		
			89.90	HR.	84.20
RESIDENTE SUPERVISION	Vo. Bo.		RESIDENTE CONTRATISTA.		

## **BIBLIOGRAFIA**

- **El Ingeniero Civil ¿Qué Hace?**  
Hector Bolívar V., Ernesto Zurutuza V.,  
Jesús González D., Jesús Banda L.  
Editorial Alhambra Mexicana. Edición 1988.
  
- **Revista Ingeniería Civil**  
Organo Oficial del Colegio de  
Ingenieros Civiles, A.C.
  
- **Revista Mexicana de la Construcción.**  
Organo Oficial de la Cámara Nacional  
de la Industria de la Construcción.
  
- **Ingeniería Civil, Seis Años de Realizaciones.**  
Memorias publicadas por el Colegio de Ingenieros  
Civiles de México, Octubre 1988.
  
- **La Ingeniería en México**  
Enrique G. León López  
SEP Setentas, 1974 D.F.
  
- **La Industria Mexicana de la Construcción.**  
Anuario 1983  
C.N.I.C.

**- XIV Congreso Mexicano de la Industria  
de la Construcción, 1983  
Memorias**

**- Listen To Leaders in Engineering  
Edited by Albert Love and Jamex Saxon Childers  
Mc Kay Company New York**

**- Caminos y Desarrollo 1925-1975  
S.O.P. México**

**- XI Congreso Nacional de Ingeniería Civil  
Memorias, México 1980**

**- La Ingeniería Civil en el Desarrollo Agropecuario  
de México.  
S.A.R.H. Subsecretaría de Infraestructura  
Hidráulica.**